
Astr. P.
200t



DIE SONNE.

Eine Uebersicht der Resultate, welche die seitherigen Forschungen über den Sonnenkörper ergeben haben.

Von

Dr. Ph. Carl.

[illegible]

[illegible]

„Resultate fünf und ein halbjähriger Beobachtungen der Sonnenflecken an der kgl. Sternwarte bei München angestellt vom Verfasser und einer Beilage.

München 186[illegible]

[illegible]



DIE SONNE.

Eine Uebersicht der Resultate, welche die seitherigen Forschungen über den Sonnenkörper ergeben haben.

Von

Dr. Ph. Carl,
Privatdocenten der Universität München.

Mit einem Anhange:

„Resultate fünf und ein halbjähriger Beobachtungen der Sonnenflecken an der kgl. Sternwarte bei München angestellt vom Verfasser“ und einer Beilage.

München, 1864.
E. A. Fleischmann's Buchhandlung.
(Aug. Rohsold.)

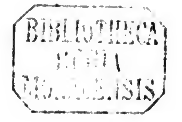
Vorwort.

Die folgende kleine Schrift verdankt ihre Entstehung einer Vorlesung, welche ich im vergangenen Winter hier vor einem grösseren Publikum gehalten habe. Mehrfach aufgefordert, die genannte Vorlesung dem Drucke zu übergeben, habe ich es unternommen, dieser Aufforderung durch die folgende Abhandlung nachzukommen, und habe zugleich die Gelegenheit benützt, als Anhang die Resultate meiner eigenen Beobachtungen der Sonnenflecken beizufügen.

München im Mai 1864.

Ph. Carl.

Inhalt.



E i n l e i t u n g.

Die Erforschung der Bewegungsgesetze der Himmelskörper wird mit vollem Rechte als die Hauptaufgabe der Astronomie bezeichnet; die Erweiterung unserer Kenntnisse in dieser Hinsicht beruht theils auf der Ausbildung der Methoden, nach welchen die Astronomen ihre Berechnungen ausführen, theils auf der Vervollkommnung der mechanischen und optischen Hilfsmittel, womit die Beobachtungen angestellt werden, und der Grad von Genauigkeit, den man gegenwärtig zu erreichen im Stande ist, gibt Zeugniss, dass man längst die Wichtigkeit dieser Aufgabe erkannt hat und auf ihre möglichst vollständige Lösung bedacht gewesen ist.

Nichts desto weniger hat man seit der Erfindung des Fernrohres auch auf die Bereicherung unseres Wissens bezüglich der Beschaffenheit der einzelnen Individuen unseres Planetensystemes Rücksicht genommen, indem man ihre Oberflächen, soweit die optischen Instrumente es möglich machten, näher untersuchte und aus den so direct gewonnenen Erscheinungen weitergehende Schlüsse zog. Ganz besondere Aufmerksamkeit wurde nach dieser Richtung hin dem Centralkörper des Planetensystems — der S o n n e — zugewendet; der Anfang dazu wurde im Jahre 1611 durch die Entdeckung der Sonnenflecken gemacht, welche in diesem Jahre nahezu

gleichzeitig von Fabricius, Scheiner und Galiläi beobachtet worden sind[1]).

Es ist nun die Aufgabe dieser Abhandlung, die Resultate näher zu erörtern, welche die seitherigen Forschungen der Astronomen bezüglich der Beschaffenheit der Sonne ergeben haben.

§. 1.

Gestalt, Grösse und Entfernung der Sonne.

Was zunächst die Gestalt und Grösse des Sonnenkörpers betrifft, so haben genaue Messungen und damit verbundene Berechnungen gezeigt, dass dieselbe eine vollkommene Kugel ohne Abplattung ist, mit einem Durchmesser von nicht weniger als 192608 geographischen Meilen. Die Sonne ist sonach im Durchmesser 112mal, der Oberfläche nach 12500mal, dem

---

[1]) Da Fabricius seine Beobachtungen zuerst veröffentlicht hat, so muss für ihn die Priorität der Entdeckung entschieden werden. Seine Schrift, welche den Titel führt:

Jo. Fabricii Phrysii, de Maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione Narratio, et Dubitatio de modo eductionis specierum visibilium. Wittebergae 1611. 4⁰.

trägt im Dedicationsbriefe das Datum vom 13. Juni 1611.

Die ersten Beobachtungen Scheiner's wurden in pseudonymen Briefen (Sch. nennt sich Apelles latens sub clypeo Ajacis) an Welser, Bürgermeister in Augsburg im Jahre 1612 veröffentlicht. Das grosse Werk Scheiner's über die Sonnenflecken:

Rosa Ursina, sive Sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius nec non circa centrum suum et axem fixum ab ortu in occasum, conversione quasi menstrua super polos proprios mobilis, a *Christophoro Scheiner*, Germano Suevo, ad Paulum Jordanum II Ursinum Braccianum ducem. Fol.

wurde erst im Jahre 1630 herausgegeben. Scheiner hat daselbst seine 19 Jahre lang mit ununterbrochenem Fleisse fortgesetzten Beobachtungen niedergelegt.

Die ersten Schriften Galilaei's über die Sonnenflecken sind:

Galileo *Galilei* Epistola ad M. Velserum de maculis solaribus. Florentiae 1612. 4⁰.

und

Istoria e dimostrazioni intorno alle machie solari e loco accidenti . . dal signor Galileo *Galilei*. Roma 1613. 4⁰.

körperlichen Inhalte nach 1400000mal grösser als die Erde, und eine Reise um die Sonne würde eine 12mal längere Zeit in Anspruch nehmen, als eine Reise nach dem 50000 Meilen weit entfernten Monde. Man kann sich leicht eine bildliche Vorstellung von dieser bedeutenden Grösse machen, wenn man sich die Sonne selbst als eine hohle Kugel und in deren Mittelpunkt die Erde sammt dem Monde in seiner wirklichen Entfernung versetzt denkt; der letztere könnte dann nicht blos ungehindert die Erde umkreisen, sondern es bliebe zwischen ihm und dem nächsten Punkte auf der Oberfläche der Sonne noch eine Entfernung übrig, welche nur etwa um ein Fünftel kleiner wäre als der Abstand des Mondes von der Erde selbst.

Dabei ist aber auch die Entfernung der Sonne von der Erde ungemein gross, sie beträgt nämlich 20 Millionen Meilen, und ein Eisenbahnzug, welcher 7 Meilen in der Stunde zurücklegte, also schneller ginge denn unsere Courierzüge, würde 350 Jahre brauchen, um von der Erde zur Sonne zu gelangen.

§. 2.

Die Sonnenflecken und Sonnenfackeln.

Betrachtet man nun die Oberfläche der gewaltigen Sonnenkugel von uns aus mit einem guten Fernrohre, vor welches man zum Schutze des Auges ein gefärbtes Glas gebracht hat, so erscheint sie nicht etwa als eine Scheibe von überall gleichförmigem Aussehen, sondern man sieht auf ihr eine unendliche Menge kleiner flockenartiger Schüppchen von schwärzlicher Färbung; ihr Aussehen erinnert ganz an das einer Orange, welche man aus einiger Entfernung betrachtet.

Ausserdem aber zeigen sich, wie dies Figur 1. darstellt, fast stets auf der Sonnenscheibe ganz dunkelschwarze Flecken, welche eine unregelmässige, übrigens meistentheils sehr scharfe Begrenzung haben und theils als isolirte, einzelnstehende Flecken sich vorfinden, theils in mehr oder weniger grosser Anzahl zu sogenannten Fleckengruppen vereinigt sind.

In sehr vielen Fällen sind diese Sonnenflecken von einem

helleren, aschgrauen Rande eingefasst, welchen man den Halbschatten oder Hof des Fleckens nennt; der innere, dunklere Theil heisst dann im Gegensatze dazu der Kern des Fleckens.

Beobachtet man die Sonne häufiger, so bemerkt man sogleich, dass die Flecken sich bewegen und zwar, dass die meisten von ihnen zuerst am östlichen Rande der Sonnenscheibe erscheinen, sich über dieselbe wegbewegen und dann nach etwa $13^1/_2$ Tage nach dem Eintritte die Sonnenscheibe am westlichen Rande wieder verlassen.

Ganz auffallend und mannichfaltig sind dabei die Veränderungen, welche die Flecken in Bezug auf ihre Form und Grösse erleiden; bei längerer Beobachtung bemerkt man, dass diese in zwei verschiedene Classen zerfallen, nämlich

einmal in solche Veränderungen, welche allen Flecken in analoger Weise gemeinsam sind, ich will sie regelmässige Veränderungen nennen;

und dann in diejenigen, welche jedem einzelnen Flecken besonders eigen sind, ich bezeichne diese Veränderungen im Gegensatze zu den vorigen als unregelmässige.

Was zunächst die regelmässigen Veränderungen der Sonnenflecken betrifft, so bestehen dieselben darin, dass jeder Flecken bei seinem Eintritte am Ostrande der Sonnenscheibe als ein ganz schmaler Streifen erscheint, allmählig an Breite zunimmt, bis er zur Mitte der Sonnenscheibe gelangt ist; hierauf nimmt die Breite des Fleckens allmählig wieder ab und derselbe verschwindet zuletzt am Westrande gleichfalls als ein ganz schmaler Streifen.

Wenn der Flecken dabei mit einem Halbschatten versehen ist, so zeigt sich dieser in den meisten Fällen beim Eintritte blos an der dem Sonnenrande zugewendeten Seite; in der Mitte umgibt er dann den Flecken in der Regel ganz und beim Austritte ist er nur noch an der dem westlichen Sonnenrande zugewendeten Seite des Fleckens bemerkbar.

Von der grossartigsten Mannigfaltigkeit sind dagegen die unregelmässigen Veränderungen, welche die Sonnenflecken vor

unseren Augen und zwar oft schon in sehr kurzer Zeit erleiden. Ein kleiner isolirter Flecken z. B. tritt am Ostrande der Sonne ein, rings um ihn herum bilden sich neue Flecken in der wenigstens anscheinend regellosesten Verbindung, bei seinem Austritte ist aus ihm eine gewaltige Fleckengruppe geworden. Auch die umgekehrte Erscheinung kommt häufig vor: eine bedeutende Gruppe erscheint am Ostrande der Sonnenscheibe, als isolirter Flecken verlässt sie dieselbe. Theile von Gruppen, welche einen Flächenraum von vielen Hunderten, ja Tausenden von Quadratmeilen einnehmen, verschwinden; dagegen bilden sich daneben wieder in anderen Fällen Ansätze von eben solchen Dimensionen. Kurz, diese Veränderlichkeit im Innern der Fleckengebilde ist so gross, dass kein Fall bekannt ist, bei welchem zwei sich ganz ähnliche Gruppen erschienen sind, oder auch nur, dass die nämliche Gruppe nach Verlauf eines Tages noch das gleiche Aussehen behalten hätte. Die ganze Gruppe und ihre nächste Umgebung ist in einer fortwährenden inneren Bewegung begriffen.

Nicht alle Flecken treten jedoch am östlichen Rande der Sonnenscheibe ein und durchlaufen dieselbe vollständig, sondern es entstehen und verschwinden solche im Innern der Scheibe vor unseren Augen; doch sind die so entstandenen und verschwundenen Flecken ihren Dimensionen nach nur klein und ihre Anzahl ist — wenigstens nach den von mir seit dem Ende des Jahres 1858 angestellten Beobachtungen — ganz gering gegen die Zahl der Flecken, welche überhaupt vorhanden waren.

Die Sonne kann selbst ganz frei von Flecken sein. So zeigten sich z. B. im vorigen Jahre an 4 Tagen gar keine Flecken auf der Sonne; nach den Beobachtungen von Schwabe in Dessau, welcher seit dem Jahre 1826 die Sonne zum Gegenstande seiner ununterbrochenen Thätigkeit gemacht hat, kommen in den Jahren

1833	. . . .	139
1843	. . .	149
1856	sogar	193

fleckenfreie Tage vor.

Neben den Flecken beobachtet man ferner auf der Sonnenoberfläche fast stets in der Nähe des Randes Stellen, welche sich durch besondere Helligkeit auszeichnen, nämlich die sogenannten Sonnenfackeln. Diese Fackeln sind häufig von ungeheurer Ausdehnung, ganz unregelmässiger Begrenzung und ohngefähr bis auf ein Zehntel des Sonnendurchmessers vom Rande aus sichtbar; sie zeigen sich oftmals beim Eintritte und Austritte der Flecken, welche dann vollständig von ihnen eingehüllt sind, sie kommen aber auch ganz unabhängig von Flecken vor.

Oben habe ich den Kern der Flecken als dunkelschwarz bezeichnet, um ihn schärfer gegen den Halbschatten hervorzuheben. Allein in der Wirklichkeit ist dies nicht ganz richtig, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man Gelegenheit hat, einen Durchgang von Venus oder Merkur über die Sonnenscheibe zu beobachten; es zeigt dann der Kern der vorhandenen Flecken gegen den Planeten eine merklich braune Färbung. Mit einem stark vergrössernden Fernrohre, wie z. B. dem hiesigen grossen Refractor, bemerkt man dies schon, ohne dass man einen Planeten zur Vergleichung auf der Sonnenscheibe hat; man sieht aber auch mit einem solchen Fernrohre die Kerne nicht als gleichförmige Flächen, sondern es befinden sich in ihnen vielfach auffallend dunklere Stellen, welche nach ihrem ersten Entdecker die Dawes'schen Centra genannt werden.

§. 3.

Rotationszeit der Sonne; Eigenbewegung der Flecken.

Dies wären im Wesentlichen die Erscheinungen, welche man gewöhnlich auf der Sonnenoberfläche wahrnimmt; betrachten wir nun die Folgerungen, welche sich aus diesen direct durch die Beobachtung festgestellten Thatsachen ziehen lassen.

Die regelmässigen Veränderungen der Sonnenflecken sind

lediglich durch die Perspective bedingt, sie zeigen, dass die Flecken mit der Sonne selbst verbundene Gebilde sind und dass die Sonne analog der Erde um eine durch ihren Mittelpunkt gehende gerade Linie sich dreht, welche man die Rotationsachse nennt. Diesen Satz folgerte Fabricius schon aus seinen ersten Beobachtungen, er wurde jedoch anfangs von den Anhängern der aristotelischen Philosophie, welche sich das reine Sonnenfeuer nicht getrübt denken konnten, vielfach angefochten. Seit geraumer Zeit sind aber diese Gegner verstummt und die Bewegung der Flecken gibt uns ein sehr geeignetes Hilfsmittel, die Zeit zu bestimmen, innerhalb welcher eine Umdrehung der Sonne um ihre Achse statthat und die Lage der Rotationsachse selbst zu ermitteln.

Nach den neueren Untersuchungen vollendet ein Flecken einen vollständigen Umlauf in $25^1/_2$ Tagen; es hat jedoch diese Rotation für uns scheinbar eine längere Dauer. Wir sehen nämlich, wie ich bereits bemerkt habe, die Flecken in $13^1/_2$ Tagen über die Sonnenscheibe sich wegbewegen und es vergehen also 27 Tage, bis wir einen Flecken zum zweiten Male an der nämlichen Stelle der Sonnenscheibe beobachten können. Es lässt sich diese nur scheinbare Ungereimtheit durch eine ganz einfache Betrachtung beseitigen.

Es sei in Figur 2. der um S gezogene Kreis ein Durchschnitt des Sonnenkörpers. Es stehe ferner die Erde in ihrer Bahn, welche sie im Laufe eines Jahres um die Sonne beschreibt, zu einer bestimmten Zeit bei E, und es befindet sich auf der Oberfläche der Sonne im Punkte F, der in der Richtung zwischen der Erde und dem Sonnenmittelpunkte liegt, ein Flecken, so hat dieser Flecken $25^1/_2$ Tage nöthig, um zum zweiten Male in die Richtung SFE zu kommen. Mittlerweile — im Verlaufe dieser $25^1/_2$ Tage — ist aber die Erde in ihrer Bahn fortgerückt, z. B. zum Punkte E′; der Flecken bei F steht also jetzt, obwohl er eine vollständige Umdrehung zurückgelegt hat, nicht wieder in der geraden Linie SF′E′, welche jetzt die Erde E′ mit dem Sonnenmittelpunkte verbindet, sondern in der Richtung E′F. Er ist für uns scheinbar zurück-

geblieben und muss noch einen kleinen Weg durchlaufen, bis er wieder in die Richtung zwischen der Erde und dem Sonnencentrum kommt. Mit anderen Worten: die Sonne muss etwas mehr als eine vollständige Umdrehung um ihre Achse zurücklegen, bis wir einen bestimmten Flecken zum zweiten Male in der nämlichen Richtung, d. h. scheinbar an demselben Punkte der Sonnenscheibe wahrnehmen können, und daher kommt es, dass die scheinbare Umlaufszeit 27, die wahre blos $25^1/_2$ Tage beträgt.

Die Rotationsachse der Sonne steht dabei aber nicht senkrecht auf der Ebene der Ekliptik, d. h. der Bahnebene, in welcher sich die Erde um die Sonne bewegt. Da man nun wie von einem Erdäquator, ebenso auch von einem Sonnenäquator sprechen kann, so wird auch dieser gleichfalls nicht mit der Ebene der Ekliptik zusammenfallen; doch ist die Abweichung hievon nur gering — die Ebene des Sonnenäquators ist gegen die Ebene der Erdbahn geneigt um einen Winkel von etwa 7^0. Betrachtet man die Durchschnittslinien, in welchen die Ekliptik von den Ebenen des Erdäquators und des Sonnenäquators geschnitten wird, so bilden beide einen Winkel von 74^0 mit einander; dieser Winkel wird in der Astronomie der aufsteigende Knoten des Sonnenäquators genannt[1]).

---

[1]) Die neuesten Bestimmungen der Neigung (i) des Sonnenäquators und der Länge (☊) seines aufsteigenden Knotens sind die folgenden:

	☊		i		
Böhm . . .	76° 47′	. . .	6° 57′	für	1833.
Laugier . .	75 8	. . .	7 9	„	1840.
Petersen . .	73 29	. . .	6 51	„	1841.
Kysaeus . .	76 38	. . .	6 38	„	1841.
Carrington .	73 40	. . .	7 15	„	1850.
	73 28	. . .	7 17	„	1854.

Siehe darüber: Carrington, Observations of the Spots on the Sun. London 1863, p. 4 u. Section IV. — Laugier in den Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris 1842, T. XV, p. 941. — Böhm, Beobachtungen der Sonnenflecken und Bestimmung der Rotations-Elemente der Sonne. Aus dem III. Bande der Denkschriften der Wiener Akademie, Mathem.-Naturw.-Classe abgedruckt, p. 60.

Nach dem, was ich bereits über die unregelmässigen Veränderungen der Sonnenflecken gesagt habe, ist klar, dass die Bestimmung der Rotationsdauer mittelst der scheinbaren Bewegung eines einzigen Fleckens nur sehr ungenau sein kann; es müssen desshalb sehr viele Flecken zu diesem Zwecke bestimmt werden. Allein selbst wenn diese Bedingung erfüllt ist, zeigen sich beträchtliche Abweichungen der einzelnen für die Rotationszeit erhaltenen Werthe; betrachtet man diese jedoch genauer, so findet man, dass ein gewisses Gesetz zu Grunde liegt in der Art, dass die Rotationszeit für Flecken am Aequator der Sonne am kürzesten ist und von da nach den Polen hin mit dem Abstande vom Aequator — der Breite — beständig länger wird. Die Flecken sind also ausser der durch die Rotation des Sonnenkörpers um seine Achse bedingten Bewegung noch eigenen Bewegungen unterworfen. Dieser Umstand wurde schon früher von Petersen und einigen Andern erkannt, allein erst in der neuesten Zeit durch die genauen und zahlreichen Messungen von Carrington[1]) und Spoerer[2]) näher bestimmt. Erst vor Kurzem hat Carrington seine hierauf bezüglichen Arbeiten in einem grossen Werke der Oeffentlichkeit übergeben, das sich nicht blos durch seine prachtvolle äussere Ausstattung auszeichnet, sondern das auch seinem Inhalte nach als eine vortreffliche Arbeit bezeichnet werden muss. Die Oerter von nahezu 1000 innerhalb $7\frac{1}{2}$ Jahren erschienenen Fleckengruppen sind durch mehr als 5000 Messungen genau bestimmt, und daraus die Resultate bezüglich der Bewegung derselben abgeleitet worden. Es hat sich ergeben, dass ein Flecken am Aequator der Sonne eine Rotation in 24,9 Tagen zurücklegt, während ein solcher in

---

[1]) Carrington Observations of the Spots on the Sun. London, 1863. Einige Notizen in den Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

[2]) Spoerer, Beobachtungen von Sonnenflecken und daraus abgeleitete Elemente der Rotation der Sonne. Anclam, 1862. Eine Reihe von Mittheilungen in den letzten Bänden der „Astronomischen Nachrichten".

50° nördlicher Sonnenbreite 27,5 Tage und in 45° südlicher Sonnenbreite 28,5 Tage hiezu nöthig hat [1]).

§. 4.

Erklärung der Sonnenflecken.

Die bedeutende Veränderlichkeit und Vergänglichkeit der Sonnenflecken veranlasste den grossen Florentiner Astronomen Galilaei, dieselben für Wolkenmassen zu halten, welche in der Atmosphäre der Sonne analog unseren Wolken entstünden und, nachdem sie einige Zeit hindurch gedauert hätten, sich wieder auflösten. Da diese Wolken undurchsichtig seien, so würde ein Theil der Sonnenoberfläche dadurch unserem Anblicke entzogen. Scheiner hielt die Flecken anfangs für planetarische Körper, welche die Sonne umkreisten; bald jedoch erkannte er, dass sie zur Sonne selbst gehörten, und erklärte

[1]) Carrington hat (l. c. p. 224) für verschiedene Breiten auf der Sonne den Rotationswinkel für einen mittleren Sonnentag gegeben; ich habe dazu im Folgenden die ganze Rotationszeit berechnet:

Breite.	Täglicher Rotationswinkel.	Rotationszeit.
+ 50°	787' = 851' — 64'	27,45 Tage
35	806 = 851 — 45	26,80
30	824 = 851 — 27	26,21
25	831 = 851 — 20	25,99
20	840 = 851 — 11	25,71
15	851 = 851 — 0	25,38
10	859 = 851 + 8	25,15
+ 5	863 = 851 + 12	25,03
Aequator	867 = 851 + 16	24,91
— 5	865 = 851 + 14	24,97
10	856 = 851 + 5	25,23
15	845 = 851 — 6	25,56
20	839 = 851 — 12	25,74
25	827 = 851 — 24	26,12
30	814 = 851 — 37	26,54
35	805 = 851 — 46	26,83
— 45	759 = 851 — 92	28,46 Tage.

sie für auf der flüssigen Sonnenoberfläche schwimmende dunkle Körper. Diese und eine Menge anderer Erklärungsversuche, nach welchen die Flecken für die Spitzen der Sonnenberge oder für schlackenartige Auswürflinge der Vulcane der Sonne und dergleichen gehalten wurden, sind längst aufgegeben.

Die Ansicht, wie sich der ältere Herschel die Entstehung der Flecken dachte [1]), ist diejenige, welche in ihren wesentlichen Punkten gegenwärtig ziemlich allgemein angenommen wird und welche auch die sämmtlichen beobachteten Erscheinungen auf eine einfache, naturgemässe Art zu erklären im Stande ist.

Nach dieser Erklärung ist der eigentliche Sonnenkörper (Figur 3) selbst eine dunkle Kugel, welche von einer leuchtenden Hülle, der sogenannten Photosphäre, umgeben ist. Diese leuchtende Hülle ist aber kein fester, sondern ein leicht verschiebbarer Körper und lässt sich in dieser Hinsicht ganz mit unseren Wolken vergleichen. Wird nun durch einen bis jetzt wenigstens nicht weiter bekannten Process diese Lichthülle an irgend einer Stelle getrennt, so wird durch die so entstandene Oeffnung ein Theil des dunklen Sonnenkörpers unserem Anblicke blosgelegt — es entsteht für uns ein Sonnenflecken.

Zur Erklärung des Halbschattens muss man sich nach W. Herschel zwischen dem dunklen Sonnenkörper und der leuchtenden Photosphäre noch eine zweite Umhüllung denken, welche ebenfalls aus leicht verschiebbaren, wolkenartigen Gebilden zusammengesetzt ist, die aber kein eigenes Licht besitzen, sondern blos durch zurückgeworfenes Licht leuchten. Herschel nennt diese Umhüllung die Schicht der planetarischen Wolken.

Ist nun vorerst blos die Photosphäre getrennt, so sehen wir durch die entstandene Oeffnung einen Theil der planetarischen Wolkenschicht, d. h. es erscheint uns ein Flecken von

[1]) Philosophical Transactions for the Jear 1801. J. Herschel, Outlines of Astronomy.

der Helligkeit derselben. Ist auch die Schicht der planetarischen Wolken getrennt, jedoch so, dass die Oeffnung in derselben kleiner ist als die in der Photosphäre, so sehen wir, wenn die Oeffnung in der Mitte der uns sichtbaren Hälfte der Sonne sich befindet, einen dunklen Flecken umgeben von einem helleren Halbschatten. Steht dagegen die Oeffnung ganz auf der Seite der sichtbaren Sonnenhälfte — am Rande der Sonnenscheibe, — so werden wir in der Regel den Halbschatten blos an der dem Rande zugewendeten Seite wahrnehmen; auf der entgegengesetzten Seite wird er unserem Anblicke meistentheils ganz oder doch zum grössten Theile entzogen werden. Je weiter der Flecken sich der Mitte der Sonnenscheibe nähert, um so mehr muss die Breite des Fleckens und auch die des Halbschattens zunehmen, und dies ist denn, wie ich vorhin gezeigt habe, in der Wirklichkeit der Fall.

Ist die Oeffnung in der Photosphäre kleiner als die in der planetarischen Wolkenschicht, so sehen wir blos einen dunklen Kernflecken. Zwischen den einzelnen, die Photosphäre constituirenden Lichtwolken befinden sich aber kleine Zwischenräume, durch welche hindurch wir auf die planetarischen Wolken sehen können. Hiedurch wird dann das Eingangs beschriebene marmorirte Aussehen der Sonnenoberfläche erzeugt. Da wir dieses marmorirte Aussehen der Sonne von der Mitte aus, wo es am deutlichsten erscheint, bis auf geringe Entfernung vom Rande nach allen Seiten hin wahrnehmen, so folgt, dass die Photosphäre nur eine ganz geringe Dicke besitzen kann.

Um die vorerwähnten Dawes'schen Centra zu erklären, glaubten Einige eine neue Umhüllung innerhalb der Schicht der planetarischen Wolken einführen zu müssen; allein es lässt sich diese Erscheinung wohl einfacher dadurch erklären, dass man sich die Oberfläche des dunklen Sonnenkörpers selbst als ungleichförmig denkt.

Es ist nun leicht ersichtlich, dass man alle die mannichfaltigen Gebilde, welche wir auf der Sonnenoberfläche als

Flecken und Fleckengruppen beobachten, in ganz analoger Weise zu erklären im Stande ist.

§. 5.

Die Atmosphäre der Sonne. Erklärung der Fackeln.

Um nun auch die Erscheinung der Fackeln in Verbindung mit dem Gesagten erklären zu können, muss ich zuvor erwähnen, dass die Sonne ausserhalb der Photosphäre noch von einer Atmosphäre umgeben ist, deren Vorhandensein sich leicht nachweisen lässt.[1]).

Betrachtet man nämlich das Sonnenbild näher, so bemerkt man ausser den bereits behandelten Erscheinungen noch, dass die Stärke des Lichtes in der Mitte am grössten ist und gegen den Rand hin allmählig abnimmt. Richtet man ferner ein Fernrohr gerade gegen die Sonne und bringt man hinter das Ocular des Fernrohres, von welchem übrigens für diesen Zweck das oben erwähnte gefärbte Sonnenglas entfernt werden muss, einen weissen Papierschirm in geeigneter Entfernung, so zeigt sich gleichfalls die genannte Abnahme der Helligkeit gegen den Rand hin. Dieses Phänomen liefert aber den unzweideutigsten Beweis für das Vorhandensein einer Atmosphäre.

Es ist durch die Erfahrung bewiesen, dass eine glühende Kugel, wenn sie von sehr grosser Entfernung aus betrachtet wird, sich von einer leuchtenden Scheibe nicht unterscheiden lässt; alle Punkte, sowohl die in der Mitte, als die am Rande gelegenen erscheinen von gleicher Helligkeit. Sowie aber die

---

[1]) Vor einigen Jahren ist Kirchhoff mit einer anderen Erklärung der Sonnenflecken aufgetreten. Nach ihm bestünde die Sonne aus einem festen oder tropfbar flüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kerne, welcher von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur umhüllt wäre. In dieser entstünden dann durch locale Temperaturerniedrigung zwei Wolkenschichten, eine untere dichtere und eine obere weniger dichte; diese beiden Schichten spielen dieselbe Rolle, wie bei der im Texte gegebenen Erklärung die Oeffnungen in der Schicht der planetarischen Wolken und der Photosphäre. Das Nähere darüber siehe: Kirchhoff, Untersuchungen über das Sonnenspectrum. 2. Ausgabe. Berlin, 1862. p. 15 ff.

Kugel von einer Hülle umgeben wird, welche zwar durchsichtig ist, aber in nicht ganz vollkommener Weise das Licht durchlässt, gestalten sich die Verhältnisse in anderer Art.

Es sei nämlich in der 4. Figur C der Sonnenkörper mit der Photosphäre, AB die gleichförmig herumgehende Atmosphäre, bei D befinde sich das Auge des Beobachters an der Erdoberfläche, so hat das Licht bei ab — in der Mitte der in D wahrnehmbaren Sonnenscheibe — einen beträchtlich kürzeren Weg durch die Atmosphäre der Sonne zurückzulegen, als bei mn — am Rande der Scheibe, wie sie in D erscheint.

Bei dem Durchgange durch irgend ein unvollkommen durchsichtiges Medium — im vorliegenden Falle eine Atmosphäre — wird aber das Licht geschwächt und zwar um so mehr,

> je länger der Weg ist, welchen das Licht in der Atmosphäre zu durchlaufen hat, und dann je dichter die einzelnen durchlaufenen Schichten der Atmosphäre sind.

Es ist so klar, dass dem auf der Erde in D befindlichen Beobachter die Sonne in der Mitte b am hellsten erscheinen muss und dass ihre Helligkeit allmählig gegen den Rand hin abnehmen wird.

Eine gasförmige Atmosphäre, welche wie die der Sonne um einen kugelförmigen Körper gelagert ist, muss aber nach den allgemeinen Gesetzen der Schwere an der Oberfläche der Kugel selbst am dichtesten sein und von da nach aussen allmählig an Dichtigkeit abnehmen; es wird denn auch nach dem Gesagten das Licht, welches eine solche Atmosphäre durchläuft, in denjenigen Schichten, welche der Kugel zunächst gelegen sind, als den dichtesten am meisten geschwächt werden müssen.

Wenn nun die Photosphäre der Sonne irgend eine so beträchtliche Erhebung (z. B. bei a in Figur 5) hat, dass diese über die unteren, dichteren Schichten der Atmosphäre hinausragt, so muss diese Erhebung einem ausserhalb befindlichen Beobachter beträchtlich heller als ihre Umgebung, d. h. sie muss ihm als eine Sonnenfackel erscheinen. In der helleren

Mitte der Sonnenscheibe werden die Fackeln nicht deutlich hervortreten können, während sie in der weniger hellen Nähe des Randes sehr gut bemerkbar sind[1]).

Wenn die leuchtenden Massen der Photosphäre bei der Entstehung eines Fleckens getrennt worden sind, so werden sich neben der gebildeten Oeffnung die Wolkenmassen leicht bis zu einer beträchtlichen Höhe erheben; es werden also mit den Flecken sehr häufig Fackeln in Verbindung stehen. Solche Erhebungen können aber auch durch innere Bewegungen in der Photosphäre zu Stande gebracht werden, ohne dass zugleich eine vollständige Oeffnung in derselben — ein Flecken — entsteht; es sind dies dann die isolirt stehenden Sonnenfackeln.

§. 6.

Wärmeverhältnisse an der Oberfläche der Sonne.

Die Atmosphäre der Sonne ist, wie ich eben gezeigt habe, die Ursache, dass das Licht am Rande der uns sichtbaren Sonnenscheibe weniger intensiv ist, als in der Mitte; das gleiche Resultat erhält man hinsichtlich der Wärme der Sonne. Der römische Astronom Secchi[2]) hat directe Ver-

[1]) Arago gibt im 2. Bande seiner „Astronomie populaire" eine andere Erklärung der Fackeln, indem er annimmt, dass nicht blos von der Oberfläche der Photosphäre Licht zu uns gelange, sondern auch von den inneren Theilen derselben; Lamont hat jedoch darauf aufmerksam gemacht (Gelehrte Anzeigen des Münchner Akademie, Bd. XLII. Nr. 2, p. 17), dass diese Annahme schon desshalb nicht zulässig ist, weil sonst die Sonne gegen den Rand hin grössere Helligkeit zeigen müsste, als in der Mitte.

[2]) Astronomische Nachrichten Nr. 806. Secchi gibt daselbst folgende Zahlen:

Position.	Wärmeintensität.
+ 14,96	57,39
+ 11,31	88,31
+ 7,5	97,5
+ 3,0	100,0
+ 1,51	99,48
— 7,8	89,5
— 10,9	81,22
— 14,88	54,34.

suche hierüber vermittelst eines sehr empfindlichen thermometrischen Apparates — der sogenannten thermoëlectrischen Kette — angestellt und gefunden:

dass die Erwärmungskraft der Sonne viel grösser ist in der Mitte der Sonnenscheibe als am Rande,

dass aber ausserdem die Wärme am grössten ist am Aequator der Sonne und von da gegen die Pole hin abnimmt, und

dass die Flecken merklich weniger warm sind als die leuchtenden Theile der Sonnenscheibe.

§. 7.

Bestandtheile der Sonnen-Atmosphäre.

Ein sehr wichtiges Resultat in Bezug auf die Sonnen-Atmosphäre wurde in der jüngsten Zeit erhalten. Die schönen Arbeiten von Kirchhoff und Bunsen über das Sonnenspectrum und die Spectren farbiger Flammen haben ein Mittel an die Hand gegeben, aus der Eigenthümlichkeit des Sonnenlichtes auf die Bestandtheile, welche sich in der Atmosphäre der Sonne befinden, zurückzuschliessen, dieselbe gleichsam chemisch zu analysiren. Lässt man nämlich einige von der Sonne kommende Lichtstrahlen auf ein Prisma von Glas fallen, so werden sie beim Durchgange durch dasselbe ihre ursprüngliche Richtung ändern, ausserdem aber zeigt sich, wenn man sie auf einem Schirme auffängt, nicht einmal mehr ein weisser Lichtfleck, sondern ein Streifen von Farben in der Aufeinanderfolge, wie wir sie am gewöhnlichen Regenbogen wahrnehmen; das weisse Sonnenlicht ist beim Durchgange durch das Prisma in seine einzelnen Farben zerlegt worden. Be-

---

Hiebei ist der Durchmesser der Sonne in 32′ getheilt und oberhalb des Mittelpunktes der Scheibe positiv, unterhalb derselben negativ gezählt. Da nun zur Zeit dieser Beobachtungen der Sonnenäquator oberhalb der Mitte der Scheibe lag, so folgt aus den angeführten Zahlen der im Texte ausgesprochene Satz, dass das Maximum der Wärmeintensität mit dem Aequator zusammenfällt und dass dieselbe gegen die Pole hin abnimmt.

trachtet man dann den eben bezeichneten Farbenstreifen — das sogenannte Sonnenspectrum — mittelst eigens zu diesem Zwecke eingerichteter optischer Apparate, so bemerkt man, dass die Aufeinanderfolge der Farben nicht eine continuirliche ist, sondern dass eine unendliche Menge von Unterbrechungen darin vorkommen, welche uns als dunkle Linien — die sogenannten Frauenhofer'schen Linien — erscheinen. Untersucht man in gleicher Weise leuchtende Gase, so findet man, dass das Licht derselben nach dem Durchgange durch das Prisma in der Regel gegenüber dem Sonnenspectrum ein mehrfach unvollständiges Spectrum zeigt, welches je nach dem angewendeten Gase in Bezug auf die erscheinenden Farben verschieden ist und in welchem sich mehr oder weniger isolirte helle Linien vorfinden. Bringt man sodann hinter das leuchtende Gas eine Lichtquelle von hinreichender Intensität, in deren Spectrum diese hellen Linien fehlen, so werden an der Stelle derselben dunkle Linien auftreten. Nun kann man sich die Atmosphäre der Sonne als aus einer Reihe von Gasen bestehend denken, in deren Spectren die Frauenhofer'schen Linien ursprünglich als helle Linien vorkommen; der Grund warum uns dieselben dunkel erscheinen, liegt in der hinter der Atmosphäre befindlichen, sehr intensiven Lichtquelle, der Photosphäre. Es lässt sich also durch eine genaue Vergleichung der Spectren der uns bekannten Gase mit dem Sonnenspectrum bestimmen, welche von diesen Gasen in der Atmosphäre der Sonne vorkommen und welche von ihnen darin fehlen. Eine solche Vergleichung haben denn Kirchhoff und Bunsen für eine grosse Anzahl von Gasen wirklich ausgeführt [1]) und gefunden, dass Eisen, Calcium, Magnesium, Natrium, Chrom und Nickel in der Sonnen-Atmosphäre vorhanden sind. Nur in geringer Quantität finden sich vor Baryum, Kupfer und Zink, ganz fehlen dagegen Gold, Silber, Quecksilber, Aluminium, Cadmium, Zinn, Blei, Antimon, Arsen, Strontium, Lithium, Silicium; nicht mit Sicherheit lässt sich das Vorhandensein von Kobalt nachweisen.

[1]) Kirchhoff, Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren farbiger Flammen.

§. 8.

Häufigkeit der Sonnenflecken.

Ich muss nun noch einmal zu den Sonnenflecken zurückkehren! Aus dem, was ich bereits von denselben gesagt habe, ergibt sich schon, dass sie nicht zu allen Zeiten in gleich grosser Anzahl vorhanden sind; es soll jetzt näher bestimmt werden, wie es sich mit der Häufigkeit der Sonnenflecken verhält.

Dabei ist vorerst die Frage zu beantworten, ob denn die Flecken an allen Punkten der Oberfläche der Sonne in gleich grosser Anzahl vorkommen. Will man blos die Vertheilung nach Zonen kennen, welche dem Aequator parallel sind, so ist die Beantwortung der Frage ganz leicht. Schon einer der ersten Entdecker der Sonnenflecken, Scheiner, nimmt in seiner „Rosa Ursina", einem dickleibigen Folianten, worin er seine 19jährigen Beobachtungen deponirte, eine Königs-Zone auf der Sonne an, ausserhalb welcher er keine Sonnenflecken wahrgenommen hatte und die sich bis zu einer Breite von 30 Graden auf beiden Seiten vom Aequator erstreckt. In neuerer Zeit wurden jedoch Flecken bis zu weit höhern Breiten beobachtet, nämlich bis 50° nördlicher und bis 45° südlicher Breite. Von diesen Gränzen an nach beiden Polen hin finden sich keine Flecken, wohl aber noch Fackeln; die Polargegenden selbst sind jedoch auch frei von diesen. Ganz am Aequator der Sonne sind bisher gleichfalls nur sehr wenige Flecken beobachtet worden. Merkwürdig ist hiebei noch ein Umstand, auf welchen Carrington zuerst aufmerksam gemacht hat[1]), nämlich der, dass die Zonen, in welchen die meisten Flecken erscheinen, auf beiden Seiten vom Aequator zu verschiedenen Zeiten bald mehr, bald weniger weit von demselben entfernt sind.

Wie steht es nun mit der Häufigkeit der Sonnenflecken zu verschiedenen Zeiten? Obwohl die Wahrnehmung, dass in

[1]) Monthly, Notices of the Royal Astronomical Society of London. Vol. XIX. Nr. 1.

manchen Jahren die Flecken in ausserordentlich grosser Anzahl und Grösse vorkommen, in andern Jahren dagegen ungemein selten sind, schon sehr früh gemacht wurde, so ist eine Gesetzmässigkeit in dieser Beziehung doch erst in der Neuzeit erkannt worden. Horrebow, ein dänischer Astronom, welcher sehr fleissig die Sonne beobachtete, hat zwar schon im Jahre 1775 geäussert, dass in Bezug auf die Zahl und Grösse der Flecken die Erscheinungen sich mit der Zeit zu wiederholen scheinen; eine eigentliche Periode hat er jedoch nicht aus seinen Beobachtungen abzuleiten gesucht. Eine solche wurde erst erkannt, nachdem Schwabe eine Reihe seiner regelmässigen Beobachtungen — und Schwabe beobachtete durchschnittlich im Jahre an 300 Tagen — bekannt gemacht hatte. Stellt man die Schwabe'schen Beobachtungen nämlich tabellarisch zusammen[1]), so zeigt sich, dass in den Jahren 1833, 1843 und 1856 nur wenige Fleckengruppen erschienen sind und dass fast in der Hälfte aller Beobachtungstage die Sonne ganz frei von Flecken war. Dagegen kommen in den Jahren 1828, 1837, 1848 und 1859—60 ungemein viele Flecken vor und die Sonne war in diesen Jahren an keinem Tage vollständig fleckenfrei. Zwischen den Jahren der grössten Fleckenarmuth und des grössten Fleckenreichthums findet eine allmählige Zu- und Abnahme statt und es ist also durch die Beobachtung bewiesen, dass ein etwa zehnjähriger periodischer Wechsel in Bezug auf die Häufigkeit der Sonnenflecken existirt.

§. 9.

Zusammenhang der Sonnenflecken mit irdischen Erscheinungen.

Mit dieser zehnjährigen Periode steht eine andere Natur-Erscheinung auf unserer Erde in engster Verbindung — der Magnetismus der Erde, wie Sabine und Wolf unabhängig voneinander erkannt haben[2]).

---

[1]) Siehe die Beilage.

[2]) Die Priorität der Publikation muss für Sabine entschieden werden, welcher im März 1852 seine Untersuchungen in den „Philosophical

Wenn man einen Magnetstab an einem Faden in der Art aufhängt, dass er sich ungehindert in einer horizontalen Ebene bewegen kann, so zeigt das eine Ende desselben nahezu nach Norden, das andere Ende nahezu nach Süden. Dabei muss man sich aber nicht etwa vorstellen, dass die durch die Magnetnadel angezeigte Richtung beständig die gleiche bliebe; diese ändert sich vielmehr schon im Laufe eines Tages um eine bei Anwendung von feineren Messinstrumenten sehr deutlich bemerkbare Grösse, sie vollendet dabei gleichsam eine Schwingung — Oscillation — um eine mittlere Richtung. Beobachtet man die Grösse der Schwingung, um welche sich die angezeigte Richtung der Magnetnadel im Laufe eines Tages ändert, zu verschiedenen Zeiten, so ergibt sich, dass diese nicht immer die gleiche bleibt; sie unterliegt einer zehnjährigen Periode und zwar in der Art, dass die tägliche Aenderung der Richtung der Magnetnadel dann am grössten ist, wenn die Sonnenflecken am häufigsten sind und umgekehrt. Die zehnjährige Periode der Sonnenflecken steht also in einem innigen Zusammenhange mit der von Lamont entdeckten zehnjährigen periodischen Aenderung der Grösse der täglichen Bewegung, welche die Richtung einer Magnetnadel zeigt.

Man besitzt gegenwärtig aber auch Hilfsmittel, welche geeignet sind, nicht blos die Richtung der erdmagnetischen Kraft, sondern auch die Stärke — die Intensität derselben genau zu messen. Auch die letztere ändert sich im Laufe des Tages in analoger Weise wie die Richtung und dabei zeigt sich gleichfalls in Bezug auf die Grösse der täglichen Aenderungen der zehnjährige periodische Wechsel und sein Zusammenhang mit den Sonnenflecken.

Man hat sich vielfach bemüht, Perioden im Zusammenhange mit anderen Erscheinungen, namentlich in Bezug auf

---

Transactions for 1852 p. 103 ff." bekannt machte; einige Monate später (1. August 1852) machte Wolf in den „Astronomischen Nachrichten" Nr. 820 ebenfalls auf die Uebereinstimmung der Sonnenfleckenperiode mit der von Lamont (Poggendorff's Annalen 84 p. 572. 86 p. 88.) gefundenen Periode der Variationen der magnetischen Elemente aufmerksam.

die verschiedenen Stellungen zu den Planeten aus den Beobtungen der Sonnenflecken herzuleiten, allein ohne den geringsten Erfolg.

Auch mit der Witterung hat man die Sonnenflecken in Verbindung gebracht. Da nämlich die Flecken oftmals einen sehr beträchtlichen Flächenraum auf der Sonnenoberfläche einnehmen, da ferner nach den bereits erwähnten Untersuchungen von Secchi die Flecken weit weniger warm sind, als ihre leuchtende Umgebung, so lässt sich schliessen, dass beim Vorhandensein sehr vieler und sehr grosser Fleckengruppen weniger Wärme von der Sonne zu uns gelangt, als in dem Falle, wo gar keine Flecken vorhanden sind. Die Frage ist nur, ob sich der so entstandene Wärmeunterschied uns auch bemerklich macht oder nicht.

Schon der ältere Herschel hat sich mit der Beantwortung dieser Frage beschäftigt. Da ihm eine längere Reihe genauer meteorologischer Beobachtungen nicht zu Gebote stand, nahm er seine Zuflucht zu einer Vergleichung der fleckenarmen und fleckenreichen Jahre mit dem Stande der Getreidepreise in England. Die Schwankungen der letzteren können jedoch durch eine Menge ganz anderer Einflüsse bedingt sein, es ist also den Herschel'schen Resultaten hier nur wenig Gewicht beizulegen. Dagegen haben in neuerer Zeit Bujis Ballot in Utrecht[1]) und Nervander in Helsingfors[2]) sich mit der angeregten Frage auf Grundlage längerer meteorologischer Beobachtungsreihen beschäftigt und sind auf ganz verschiedenen Wegen zu dem Resultate gelangt, dass die Beobachtungen der Temperatur der Luft eine Periode von $27^1/_2$ Tagen erkennen lassen, was sehr nahe mit der scheinbaren Rotationszeit der Sonne übereinstimmen würde. Lamont hat[3]) diese Periode aus den Hohenpeissenberger Beobachtungen von 1781

---

[1]) Bujis Ballot. Les changemens périodiques de température dépendants de la nature du Soleil et de la Lune.

[2]) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 68, p. 205.

[3]) Poggendorff's Annalen der Physik, Bd. 87, p. 129.

bis 1850 abzuleiten gesucht, ist jedoch zu dem Schlusse gekommen, dass dieselben eine solche Periode nicht ergeben.

§. 10.

Erscheinungen bei Sonnen-Finsternissen.

Es ist jetzt eine Reihe von Erscheinungen zu behandeln, welche insoferne hierher gehören, als sie mit den Sonnen-Finsternissen verbunden sind.

Eine Sonnenfinsterniss entsteht bekanntlich dann, wenn der Mond bei seiner Bewegung um die Erde der Art zwischen diese und die Sonne zu stehen kommt, dass auf einem Theile der Erdoberfläche die Sonne ganz oder blos theilweise durch den Mond bedeckt erscheint.

Wird blos ein Theil der Sonnenscheibe unserem Anblicke entzogen, so heisst die Finsterniss eine partiale; wird die ganze Sonne auf kurze Zeit vom Monde bedeckt, so hat man eine totale Finsterniss. Stellt sich endlich der Mond so, dass die Sonne denselben als ein schmaler Ring zu umgeben scheint, so wird die Finsterniss eine ringförmige genannt.

Weder die partiellen noch die ringförmigen Finsternisse sind gegenwärtig für die Astronomie von sehr grosser Bedeutung; von um so grösserem Interesse sind dagegen die totalen Sonnenfinsternisse. Im Juli 1860 sind mehr denn 40 Astronomen aus allen Theilen Europas theils auf öffentliche Kosten, theils aus Privatmitteln nach Spanien gewandert, um eine solche Finsterniss zu beobachten. Die englische Regierung allein rüstete ein grosses Dampfschiff vollständig aus, um ihre Astronomen an die spanische Küste überzusetzen. In Spanien selbst wurde aber auch sowohl von der Regierung, als den Einwohnern Alles aufgeboten, um die anwesenden Gelehrten soviel als möglich in ihrem wissenschaftlichen Unternehmen zu unterstützen.

Und die ganze Erscheinung, welche beobachtet werden sollte, hatte eine Dauer von 3 Minuten! Trotzdem würde eine Reihe von Abhandlungen erforderlich sein, wollte ich alle

Details herzählen, welche von den einzelnen Beobachtern aufgezeichnet und bekannt gemacht worden sind[1]); ich muss mich desshalb begnügen, hier die hauptsächlichsten Erscheinungen zu erörtern, welche bisher bei totalen Sonnenfinsternissen wahrgenommen wurden.

Versteht man unter der Totalität der Finsterniss die Zeitdauer, innerhalb welcher die ganze Sonnenscheibe vom Monde bedeckt bleibt, so ist schon einige Minuten vor dem Eintritte der Totalität und auch noch einige Minuten nach ihrem Ende der Mond von einem leuchtenden Strahlenkranze — der sogenannten Corona — umgeben, welche hinlänglich stark leuchtet, um das Hereinbrechen der vollen Nacht zu verhindern. (Figur 6.) Diese Strahlenkrone erreicht ihren grössten Glanz in der Mitte der Totalität, ihre Helligkeit nimmt vom Mondrande aus nach aussen hin allmählig ab und sie ist von langen vereinzelten Strahlen und Lichtstreifen durchzogen, welche theilweise noch über die eigentliche Lichtkrone hinaus sich erstrecken, theils gerade, theils krumm sind und nicht alle senkrecht gegen den Mondrand stehen. Das Licht der Corona wird von den meisten Beobachtern als vollkommen weiss angegeben; nach Einigen zeigt sich jedoch in ihr ein mattgelber Schimmer.

Während des Verschwindens der Sonnensichel oder noch einige Sekunden früher treten zahlreiche, intensiv rothe Strahlen vom Mondrande ausgehend hervor, wovon die kleineren bald verschwinden, an der Stelle der grösseren dagegen nach eingetretener totaler Verfinsterung Hervorragungen in rother Färbung sich zeigen, welche theils eine zackenförmige, theils eine wolken- oder flammenartige Form besitzen. Diese Hervorragungen — die sogenannten Protuberanzen — kamen am 18. Juli 1860 anfangs blos auf der Ostseite des Mondrandes vor, erst gegen die Mitte der Totalität erschienen dieselben auch an der Westseite und nahmen allmählig an Höhe

[1]) Die Literatur und ein kurzer Bericht über die Finsterniss vom 18. Juli 1860 von Lamont findet sich in den „Berliner Fortschritten der Physik" 1860, p. 569 ff.

zu, während die östlichen nach und nach abnahmen und gänzlich verschwanden.

Erst seit der totalen Finsterniss, welche im Jahre 1842 stattfand, hat man den Protuberanzen eine grössere Aufmerksamkeit gewidmet; doch sind auch ältere Berichte über diese Erscheinung aufgefunden worden. Schon Vassenius, Professor der Mathematik zu Gothenburg, hat bei der Finsterniss vom 2. Mai 1733 die Protuberanzen beobachtet, obwohl die Ausdrücke in seinem Berichte weniger bestimmt sind. Auch Ulloa spricht 1776 von einem leuchtenden Punkte, welchen er bei einer totalen Finsterniss am Monde gesehen hat; man hielt später diesen leuchtenden Punkt Ulloa's für ein Loch im Monde und es hat nicht geringe Mühe gekostet [1]), dieses Loch wieder zu verstopfen.

Fragt man nach einer Erklärung der eben betrachteten Phänomene, so lässt sich nur wenig Bestimmtes darüber angeben. Soviel ist durch die Finsterniss vom 18. Juli 1860 bewiesen, dass der Entstehungsgrund der Protuberanzen nicht, wie man vorher mehrfach geglaubt hat, in den Dünsten zu suchen sei, welche sich in der Atmosphäre unserer Erde befinden.

Allein auch abgesehen von dieser Erklärung sind die Ansichten der Astronomen noch immer getheilt. Ein Theil der in Spanien anwesenden Beobachter hält die Protuberanzen für eine rein optische Erscheinung; der andere, der Anzahl nach übrigens grössere Theil bringt sie mit den Sonnenfackeln in Verbindung, so dass sie also blos Wolkengebilde wären, welche man über den Mondrand hervorstehend erblickt.

Auch bezüglich einer Erklärung der Corona ist man noch

[1]) Maedler, Ueber totale Sonnenfinsternisse mit besonderer Berücksichtigung der Finsterniss vom 18. Juli 1860. Aus den Abhandlungen der Leopold.-Carolin. Akademie, pag. 4. Diese Arbeit des berühmten Astronomen verdient namentlich desshalb besondere Beachtung, weil der Verfasser derselben eine grössere Anzahl von sehr instructiven Tafeln beigegeben hat, auf welchen die von verschiedenen Beobachtern gegebenen Abbildungen der bei totalen Finsternissen wahrgenommenen Erscheinungen zusammengestellt sind.

nicht ganz im Reinen. Ohne Zweifel ist dieselbe, wenigstens zum Theil nichts anderes als die über den Mondrand hinausreichende Sonnenatmosphäre, von der ich bereits ausführlicher gehandelt habe; allein vollständig lässt sich die Gesammterscheinung des Strahlenkranzes hiedurch nicht erklären, man muss dazu noch andere Umstände rein optischer Natur herbeiziehen und demnach einen physischen und einen optischen Theil der Corona unterscheiden.

Was die Dunkelheit bei einer totalen Finsterniss betrifft, so ist dieselbe bei weitem nicht so stark als man sich leicht vorstellen möchte. Am 18. Juli 1860 konnten die sämmtlichen Beobachter den Stand ihrer Uhren ohne künstliche Beleuchtung ablesen. Dennoch zeigte sich schon 5 Minuten vor der Totalität Jupiter und bald darauf Venus; während der Totalität sah man Saturn, Merkur, Castor, Pollux, Regulus, Apollo, Procyon und sogar einige Sterne dritter Grösse.

Ganz merkwürdig, wenn auch nicht von astronomischer Bedeutung, ist das Verhalten von verschiedenen Thieren und Pflanzen bei totalen Finsternissen; ich will einige hierher gehörige Beobachtungen anführen [1]), welche der Apotheker Pedro Zabala am 18. Juli 1860 in Vitoria angestellt hat. Ein Canarienvogel im Käfige versteckte seinen Schnabel unter den Flügeln, bis der erste Sonnenstrahl wieder hervorbrach, wo er dann munter zu singen begann. Die Sperlinge hörten plötzlich zu zwitschern auf und man sah Fledermäuse umherfliegen, welche rasch beim Ende der Totalität ihre Schlupfwinkel wieder aufsuchten. Die Fliegen hörten auf zu schwärmen und flüchteten in den Pferdestall. Zwölf Schnecken hatte man am Morgen des 18. Juli zwischen feuchte Erde gesetzt; sie krochen bei einbrechender Totalität hervor, suchten zarte Pflanzen auf, eilten aber bei wiederkehrender Helle zu ihrem früheren Platze zurück. Tagschmetterlinge verschwanden, dagegen liessen sich Nachtschmetterlinge täuschen, flogen hervor

---

[1]) Maedler, l. c. p. 23. — Eine grosse Menge solcher Wahrnehmungen bei früheren Finsternissen hat Arago im dritten Bande seiner „Astronomie populaire" p. 581 ff. zusammengestellt.

und wurden leicht gefangen. Eine abgeschnittene trockene Distel, welche sich sonst immer allnächtlich schloss und Morgens wieder öffnete, schloss sich auch während der totalen Finsterniss. An Pferden, Eseln, Kühen, Schafen, Hunden, Katzen und vielen anderen Thieren wurde übrigens nichts Besonderes bemerkt.

§. 11.

Beziehungen des Zodiakallichtes zur Sonne.

Man hat auch das Zodiakallicht als zur Sonne gehörig betrachtet. Dieses Phänomen zeigt sich in unseren Gegenden besonders deutlich vom Januar bis April Abends gegen Westen und am Morgen gegen Osten als ein nahezu in der Ebene der Ekliptik gelegener Lichtstreifen mit verwaschenen Säumen, welcher in schmaler, geneigter Pyramidenform aufsteigt [1]. Seine Helligkeit ist gegen den Horizont hin am grössten, bis die Trübung der Luft am Horizonte selbst seinen Glanz vermindert und noch weiter unten fast ganz aufhebt [2]. Der südliche Rand ist meistens schärfer begrenzt als der nördliche, was schon in den ersten bekannt gewordenen Nachrichten von der Erscheinung erwähnt wird. Am schönsten zeigt sich das Zodiakallicht (Thierkreislicht) in den Tropengegenden und es ist wohl vielen meiner Leser die begeisterte Schilderung bekannt, welche Alexander von Humboldt in seinem Kos-

---

[1]) Näheres darüber findet sich in: Julius Schmidt, Das Zodiakallicht. Uebersicht der seitherigen Forschungen nebst neuen Beobachtungen etc. Braunschweig 1856.

[2]) Ich habe selbst angefangen, die Lage des Zodiakallichtes durch Vergleichung seiner Grenzen mit benachbarten Sternen genauer festzustellen, allein gefunden, dass nicht geringe Schwierigkeiten einer solchen Bestimmung entgegenstehen. Einmal sind die Tage ungemein selten, an welchen das Zodiakallicht in der dazu erforderlichen Deutlichkeit erscheint, und dann tritt gerade an hiesigem Orte der Missstand hinzu, dass sich im Westen die mit Gas erleuchtete Stadt befindet, wodurch eine nähere Bestimmung des unteren Theiles der Erscheinung ganz unmöglich wird.

mos [1]) von der Erscheinung nach eigener Anschauung in der Palmenzone gegeben hat. Schon Cassini wurde durch die Figur des Zodiakallichtes zu der Ansicht geführt, dass dasselbe ein Theil der sehr abgeplatteten Atmosphäre der Sonne sei, und diese Erklärung des Phänomens hatte nicht wenige Anhänger, bis Laplace gezeigt hat, dass nach den Gesetzen der Mechanik die Atmosphäre der Sonne nicht in so beträchtlichem Maasse abgeplattet sein kann.

§. 12.
Allgemeine Verhältnisse. Schluss.

Wenden wir noch einen Blick auf den Sonnenkörper als Ganzes betrachtet, so ist derselbe nach den Untersuchungen Seidel's mindestens 30000 Millionenmal heller als Wega, der hellste Stern in der Leyer [2]). Bereits im Eingange habe ich eine Vorstellung von den für unsere irdischen Begriffe ungeheuren Dimensionen zu geben versucht; betrachten wir jetzt ihre Masse, so ist dieselbe 355500 Mal grösser als die unserer Erde, woraus folgt, dass die Dichtigkeit der Sonne blos ein Viertel von der Dichtigkeit der Erde beträgt, also etwa der des Ebenholzes oder der Braunkohle gleichkommt. Daraus ergibt sich ferner [3]), dass die Schwerkraft an der Sonnenoberfläche 28mal grösser ist als an der Erdoberfläche, dass also die Geschwindigkeit eines auf der Sonne frei fallenden Körpers eher der einer Flinten- oder gar einer Kanonenkugel zu vergleichen ist als der Geschwindigkeit, womit ein Körper auf unserer Erde fällt. Ein Körper, welcher bei uns kaum vier Pfunde wiegt, würde auf der Sonne schon einen Centner

---

[1]) Bd. I. p. 147. Bd. III. p. 587 ff.

[2]) Siehe darüber: Seidel, Untersuchungen über die gegenseitige Helligkeit der Fixsterne erster Grösse und über die Extinction des Lichtes in der Atmosphäre. Abhandlungen der Münchner Akademie, Mathem.-Phys.-Classe, Bd. VI. p. 623 ff. — und Dessen: Untersuchungen über die Lichtstärke der Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn, verglichen mit Sternen, und über die relative Weisse ihrer Oberflächen. München 1859.

[3]) Maedler, Astronomie. 4. Auflage, p. 117.

wiegen. Würde es einem Menschen möglich werden, auf die Sonne zu gelangen, so würde er kaum im Stande sein, seinen Fuss in die Höhe zu heben, und er würde beim Auftreten Gefahr laufen, ihn zu zerschmettern; schon nach ein paar Schritten wäre es ihm aus Erschöpfung unmöglich weiter zu gehen. Nur riesenähnliche Geschöpfe, wie sie uns die Sagen der Alten unter den Titanen und Giganten vorführen, wären im Stande, auf der Sonne ein Bauwerk aufzuführen oder auch nur die gewöhnlichsten unserer Handarbeiten zu vollbringen. Ob aber solche Wesen wirklich dort existiren, wissen wir nicht, und es ist dies auch eine Frage, welche die Astronomen nicht zu beantworten haben.

Die wesentlichsten Punkte dessen, was dieselben bisher über die Sonne als ihnen zugehörig zu erforschen bestrebt waren, habe ich bereits auseinanderzusetzen gesucht. Wenn sich dabei gezeigt hat, dass noch so viele Punkte ungelöst bleiben mussten, so liegt dies in der Natur der Verhältnisse und es ist die Schuld daran gewiss nicht den Männern beizumessen, welche an der Untersuchung selbst Theil genommen haben. Eine jede grosse Leistung auf dem Gebiete der Wissenschaft erfordert ihre beträchtlichen Vorarbeiten! Und wenn auch erzählt wird, dass der berühmte Newton durch das Herabfallen eines Apfels vom Baume hingeführt wurde zu seinen epochemachenden Entdeckungen über die allgemeine Schwerkraft, so hat es doch selbst sein Landsmann und Biograph Brewster für nöthig erachtet [1]), die Arbeiten von Copernicus, Tycho de Brahe, Kepler und Galilaei zu erwähnen, ehe er die übrigens viele Jahre in Anspruch nehmenden Forschungen Newton's selbst discutirte.

[1]) Brewster, Sir Isaak Newton's Leben nebst einer Darstellung seiner Entdeckungen. Uebersetzt von Goldberg. Leipzig 1833. Capitel X und XI.

Anhang.

Resultate fünf und ein halbjähriger Beobachtungen der Sonnenflecken, angestellt an der kgl. Sternwarte bei München vom Verfasser.

Im Herbste des Jahres 1858 begann ich an der hiesigen Sternwarte eine seitdem regelmässig fortlaufende Reihe von Sonnenbeobachtungen; es wurde mir zu diesem Zwecke durch die Güte des Herrn Professor Lamont ein $3^1/_2$füssiger Frauenhofer mit 32 Linien Oeffnung zur Verfügung gestellt. Ich hatte nicht die Absicht, möglichst genaue Ortsbestimmungen der Sonnenflecken herzustellen, sondern richtete vielmehr mein Augenmerk namentlich auf die Häufigkeit und die physischen Veränderungen der Flecken. Zur Lösung dieser Aufgabe war es vor Allem erforderlich, wenigstens einmal des Tages — vorausgesetzt, dass dies der Zustand des Himmels nicht verhinderte — eine möglichst getreue bildliche Darstellung der Sonnenscheibe herzustellen, und ich bin so gegenwärtig schon im Besitze von mehr als 1500 Zeichnungen, welche eine fortlaufende Geschichte der Sonne bilden, wie diese von der Erde aus erschien.

Glücklicher Weise fiel der Anfang meiner Beobachtungen in eine sehr fleckenreiche Zeit, so dass es mir bald möglich wurde, über die Hauptpunkte, worauf ich besonders zu achten hatte, mich zu orientiren. Ich habe jedoch im Folgenden die

Resultate meiner Beobachtungen erst vom Jahre 1859 an zusammengestellt, indem ich die vorhergehenden Monate gleichsam als Vorbereitung für die Beobachtungen betrachte. Ehe ich aber die für die Häufigkeit der Sonnenflecken erhaltenen Zahlenwerthe anführe, wird es zweckmässig sein, zur richtigen Beurtheilung derselben einige Bemerkungen vorauszuschicken.

Wenn es sich um die Zurückführung der Häufigkeit der Sonnenflecken auf Zahlenwerthe handelt, so ist vor Allem die Einheit näher festzustellen, welche bei der Zählung zu Grunde gelegt werden soll. Man unterscheidet zwischen *isolirten Flecken* und *Fleckengruppen* und versteht unter den letzteren eine Vereinigung von mehreren einzelnen Flecken, welche so nahe bei einander stehen, dass man sie als Ein Ganzes, als *aus der nämlichen Ursache entstanden* betrachten kann. Diesen Begriff der Gruppe als Einheit bei der Zählung festzuhalten, erscheint zunächst als das geeignetste Hilfsmittel. Wenn mehrere Flecken mit einem gemeinsamen Halbschatten versehen sind, so lässt sich ohne Zweifel das ganze Fleckengebilde als eine Gruppe im angeführten Sinne betrachten. In allen anderen Fällen können aber hiebei blos die Nähe der einzelnen, die Gruppen constituirenden Flecken und die Veränderungen im Innern der Gruppe selbst als Anhaltspunkte dienen, so dass man häufig nicht mit Sicherheit wird entscheiden können, ob ein Conglomerat von Flecken wirklich durch eine gemeinsame Ursache (Bewegung) entstanden sei oder nicht.

Es ist keine seltene Erscheinung, dass eine grössere Gruppe sich in zwei oder selbst mehrere kleine Gruppen trennt und zwar sind dann meistentheils einige grössere Flecken von Anfang an vorhanden und die dazwischenliegenden kleinen Flecken verschwinden; ebenso findet oft in umgekehrter Weise die Vereinigung zweier oder auch mehrerer kleiner Gruppen zu einer einzigen grossen statt. Wie man bei der blossen Zählung der Gruppen in diesen und ähnlichen Fällen zu verfahren habe, ist schwer zu bestimmen; man hat übrigens dabei wohl Rücksicht auf den Umstand zu nehmen, dass die perspectivische

Verkürzung der Flecken in der Art einwirken kann, dass in der Nähe des Randes der Sonnenscheibe zwei an sich wohl getrennte Gruppen als nur eine einzige erscheinen können.

Schon aus diesen wenigen Betrachtungen ist ersichtlich, dass bei einer Zählung der Gruppen sehr Vieles der subjectiven Beurtheilung des Beobachters anheimgestellt ist, und es kann desshalb bei grosser Häufigkeit der Flecken ein beträchtlicher Fehler begangen werden, wenn angegeben werden soll, wie viele Gruppen an einem bestimmten Tage auf der Sonnenoberfläche gesehen worden sind. Nimmt man dagegen grössere Zeitabschnitte, z. B. Monate oder Jahre, so lässt sich voraussetzen, dass ebenso oft eine Gruppe für zwei gezählt wird, welche in Wirklichkeit blos eine einzige ist, als umgekehrt; es werden also dann wenigstens genäherte Werthe für die Anzahl der vorhandenen Gruppen erhalten werden. Dass übrigens, wenn es sich um grössere Zeitabschnitte als den Tag handelt, jede Gruppe während einer Rotationsperiode der Sonne blos ein einziges Mal gezählt werden kann, bedarf wohl kaum der Erwähnung.

Ziehen wir jetzt die ganz kleinen Flecken etwas näher in Betracht, so ist zu bemerken, dass deren Sichtbarkeit abhängt:

a) von der jeweiligen Beschaffenheit der Luft, und
b) von der optischen Kraft des bei den Beobachtungen verwendeten Fernrohres.

Was den ersteren Punkt betrifft, so ist es allen Beobachtern in unseren Klimaten hinlänglich bekannt, welch' störenden Einfluss die ungünstige Beschaffenheit, namentlich die Bewegung der Luft auf die Zuverlässigkeit der astronomischen Ortsbestimmungen ausüben kann. Bei Betrachtung der Sonnenflecken ist aber ausser der Bewegung die häufig geminderte Durchsichtigkeit der Luft ungemein nachtheilig für die Sichtbarkeit des Details bei grösseren Gruppen und ebenso für die Wahrnehmung der kleinen Flecken. Ich habe oft bei ganz heiterem Himmel weit weniger gute Zeichnungen der Sonnenflecken herstellen können, als wenn die Sonne hinter dünnen

Wolken sich befand oder wenn selbst ganz dichter Nebel vor derselben vorüberzog; namentlich im letzteren Falle habe ich einige Male die Flecken mit ausnehmender Deutlichkeit gesehen.

In Bezug auf den zweiten oben genannten Punkt ist zu bemerken, dass man, um vergleichbare Beobachtungen für die Häufigkeit der Flecken zu erhalten, stets dasselbe Fernrohr mit der gleichen Ocularvergrösserung anwenden muss.

Die Richtigkeit und nothwendige Erfüllung dieser Bedingung ist an und für sich klar; man kann sich aber auch direct durch die Anwendung verschiedener Vergrösserungen an demselben Fernrohr und durch verschieden kräftige Fernrohre davon überzeugen. Stärkere Vergrösserungen und Fernrohre zeigen in den einzelnen Gruppen mehr Detail, sie theilen grössere Flecken in mehrere kleinere (analog der Trennung bei den Doppelsternen), sie lassen auch einzelne, selbstständige, kleine Flecken wahrnehmen, welche in kleineren Fernrohren oder mit schwächeren Vergrösserungen bei demselben Fernrohre nicht mehr sichtbar sind. Ich will einige Beobachtungen anführen, bei welchen ich im Sommer 1859 neben dem oben bezeichneten Fernrohre auch den grossen Refractor der hiesigen Sternwarte benützte.

Am 5. Juli sah ich mit dem $3^1/_2$ füssigen Fernrohre zwischen zwei grösseren Flecken 5 kleine Punkte, am Refractor deren 21; ausserdem waren die Kerne der beiden grösseren Flecken im Refractor durch Lichtstreifen in mehrere kleinere getrennt.

Am 17. Juli sah ich im Refractor eine aus vier getrennten Punkten bestehende Gruppe, welche mit dem kleineren Fernrohre nicht mehr bemerkt wurde.

Am 3. August sah ich am östlichen Sonnenrande einen Flecken im Refractor bereits eingetreten, welcher erst am folgenden Tage sich im kleineren Fernrohre zeigte.

Diese Wahrnehmungen, welche ich noch beträchtlich vermehren könnte, obwohl ich blos ein paar Monate auch am Refractor beobachtete, haben durchaus nichts Befremdendes;

ich habe sie blos deshalb angeführt, um zu zeigen, wie nothwendig die Beachtung des Umstandes sei, dass für Beobachtungen, welche zur Beurtheilung der Häufigkeit der Flecken vergleichbar sein sollen, stets dasselbe Fernrohr mit dem gleichen Oculare verwendet werden muss.

Bald nach dem Beginne meiner Beobachtungen erkannte ich, dass es bei der so verschiedenartigen Grösse der Fleckengruppen nicht genügt, die Anzahl derselben allein zu berücksichtigen, wenn man möglichst richtige Zahlenwerthe für die Thätigkeit der Sonne bezüglich der Fleckenbildung erhalten will; man muss dazu auch noch die Dimensionen der einzelnen Gruppen in Betracht ziehen.

Einige Beobachter haben diesen Zweck dadurch zu erreichen gesucht, dass sie alle die einzelnen Flecken zählten, welche die Gruppen constituiren; es wird dabei eine mittlere Grösse angenommen, von welcher die einzelnen Flecken nach beiden Seiten hin in gleich grosser Anzahl abweichen würden. Ganz abgesehen von anderen Gründen, welche sich gegen dieses Verfahren anführen liessen, kommt es in den meisten Fällen vor, dass die Gruppen in Bezug auf den Gesammtflächeninhalt, welchen sie einnehmen, mehrere Tage hindurch nahezu sich gleich bleiben, dagegen in ihrem Innern so beträchtliche Formänderungen erfahren, dass man bei einer Zählung der einzelnen Flecken an zwei aufeinanderfolgenden Tagen ganz verschiedene Werthe hiefür erhalten wird. Man wird also auf diese Weise den genannten Zweck, die Dimensionen der Gruppen zu berücksichtigen, nicht erreichen. Einen anderen Zweck können aber diejenigen Beobachter, welche solche Zählungen vorgenommen haben, nicht wohl dabei im Auge gehabt haben; denn der Begriff der Fleckengruppe als ein zusammengehöriges, selbstständiges Ganzes drängt sich ganz unzweideutig auf, auch wenn man nur ein paar Mal Gelegenheit gehabt hat, das Sonnenbild mit einem guten Fernrohre an nicht ganz fleckenarmen Tagen zu beobachten und die beträchtlichen Veränderungen im Innern der Gruppen wahrzunehmen.

Da wir nun zur Zeit keine geeigneten Hilfsmittel besitzen, um den Flächeninhalt der einzelnen Gruppen wirklich zu messen, so wird man sich mit einer genäherten Schätzung desselben vor der Hand begnügen müssen; ich habe deshalb bei der Bearbeitung meiner Beobachtungen die Fleckengruppen nach Grössenclassen eingetheilt. Dabei sind 5 Classen angenommen, bei welchen die Fläche einer Gruppe der fünften Grösse als Einheit in der Art zu Grunde gelegt ist, dass

eine Gruppe der 1. Grösse = 5 Flächen-Einheiten
" " " 2. " = 4 " "
" " " 3. " = 3 " "
" " " 4. " = 2 " "
" " " 5. " = 1 " "

enthält.

Ein wesentlicher Vortheil dieser Methode besteht darin, dass das nämliche Resultat erhalten wird, man mag eine Gruppe z. B. als 2. Grösse = 4 Flächeneinheiten, oder als zwei Gruppen 4. Grösse = 2 + 2 Flächeneinheiten, oder als zwei Gruppen 3. und 5. Grösse = 3 + 1 Flächeneinheiten, oder auch als drei Gruppen 5., 4. und 5. Grösse = 1 + 2 + 1 Flächeneinheiten schätzen.

Um vergleichbare Zahlen zu erhalten, ist es auch hier nothwendig die Schätzungen stets mit demselben Fernrohre und dem gleichen Oculare vorzunehmen. Ferner ist es am zweckmässigsten, die Grösse der Gruppen dann zu schätzen, wenn dieselben sich in der Mitte der Sonnenscheibe befinden; es wird nämlich dadurch am besten der Unsicherheit Rechnung getragen, welche in der Veränderlichkeit der die Gruppen constituirenden Gebilde und namentlich in der nicht blos perspectivischen Zu- und Abnahme des Flächeninhaltes derselben ihren Grund hat.

Im Folgenden sind nun die Resultate meiner Beobachtungen bezüglich der Häufigkeit der Sonnenflecken und zwar sowohl die Anzahl der beobachteten Gruppen, als auch die Anzahl der daraus hergeleiteten Flächeneinheiten übersichtlich zusammengestellt.

Häufigkeit der Sonnenflecken im Jahre 1859.

Monat	Anzahl der Fleckengruppen				Flächen-Einheiten				Zahl der Beobachtungs-Tage	Zahl der fleckenfreien Tage
	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden		
Januar	18	18	0	0	49	49	0	0	14	0
Februar	9	9	0	0	22	22	0	0	14	0
März	12	12	0	0	32	32	0	0	17	0
April	12	10	2	0	27	25	2	0	19	0
Mai	18	16	2	0	38	35	3	0	23	0
Juni	18	16	2	4	28	25	3	5	28	0
Juli	19	18	1	2	44	43	1	2	29	0
August	17	15	2	0	43	41	2	0	27	0
September	23	22	1	1	53	52	1	1	19	0
Oktober	17	16	1	1	37	36	1	2	21	0
November	14	13	1	1	31	30	1	2	17	0
Dezember	11	11	0	0	23	23	0	0	12	0
Jahres-Summe	188	176	12	9	427	413	14	12	240	0

Häufigkeit der Sonnenflecken im Jahre 1860.

Monat	Anzahl der Fleckengruppen				Flächen-Einheiten				Zahl der Beobachtungs-Tage	Zahl der fleckenfreien Tage
	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden		
Januar	20	17	3	0	47	42	5	0	15	0
Februar	12	9	3	0	31	26	5	0	12	0
März	18	16	2	1	37	35	2	1	17	0
April	14	12	2	2	35	33	2	5	21	0
Mai	28	24	4	3	59	54	5	3	23	0
Juni	20	18	2	2	46	44	2	2	20	0
Juli	24	22	2	0	54	52	2	0	17	0
August	24	23	1	5	42	41	1	6	24	0
September	19	17	2	1	35	33	2	1	19	0
Oktober	16	15	1	1	36	35	1	1	21	0
November	15	13	2	0	31	29	2	0	11	0
Dezember	11	11	0	0	20	20	0	0	8	0
Jahres-Summe	221	197	24	15	473	444	29	19	208	0

Häufigkeit der Sonnenflecken im Jahre 1861.

Monat	Anzahl der Fleckengruppen				Flächen-Einheiten				Zahl der Beobachtungs-Tage	Zahl der fleckenfreien Tage
	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden		
Januar	11	11	0	2	35	35	0	3	10	0
Februar	17	11	6	1	41	34	7	1	17	0
März	19	17	2	1	59	55	4	1	23	0
April	20	17	3	1	39	37	2	1	27	0
Mai	12	12	0	1	23	23	0	1	22	1 (?)
Juni	17	14	3	2	30	25	5	1	22	0
Juli	17	15	2	2	39	37	2	2	28	0
August	25	19	6	1	43	37	6	3	30	0
September	21	18	3	3	40	37	3	5	17	0
Oktober	15	14	1	1	30	29	1	1	25	0
November	15	13	2	4	34	32	2	6	17	0
Dezember	20	20	0	2	33	33	0	2	15	0
Jahres-Summe	209	181	28	21	446	414	32	27	253	1 (?)

Häufigkeit der Sonnenflecken im Jahre 1862.

Monat	Anzahl der Fleckengruppen				Flächen-Einheiten				Zahl der Beobachtungs-Tage	Zahl der fleckenfreien Tage
	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden		
Januar	13	11	2	4	27	25	2	4	13	0
Februar	15	10	5	3	32	25	7	6	13	0
März	13	10	3	4	23	20	3	5	27	0
April	16	11	5	3	27	21	6	3	18	0
Mai	18	13	5	4	40	34	6	4	25	0
Juni	19	14	5	4	43	36	7	4	21	0
Juli	24	12	12	4	50	36	14	4	29	0
August	18	14	4	3	34	29	5	3	25	0
September	16	9	7	1	36	29	7	1	27	0
Oktober	20	13	7	4	34	24	10	4	22	0
November	8	6	2	3	17	15	2	3	11	0
Dezember	13	8	5	3	23	16	7	3	18	3
Jahres-Summe	193	131	62	40	386	310	76	44	249	3

Häufigkeit der Sonnenflecken im Jahre 1863.

Monat	Anzahl der Fleckengruppen				Flächen-Einheiten				Zahl der Beobachtungs-Tage	Zahl der fleckenfreien Tage
	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden		
Januar	15	9	6	2	28	22	6	2	22	0
Februar	15	10	5	4	32	27	5	4	25	0
März	17	12	5	1	37	29	8	1	17	0
April	10	7	3	1	22	14	8	1	22	0
Mai	18	10	8	3	30	22	8	4	25	0
Juni	14	9	5	6	21	15	6	6	25	0
Juli	13	6	7	2	22	13	9	2	26	2
August	13	10	3	3	20	14	6	3	26	1
September	9	6	3	5	14	11	3	5	22	1
Oktober	12	6	6	3	23	12	11	3	22	0
November	11	8	3	3	22	19	3	3	12	0
Dezember	12	7	5	2	30	21	9	2	14	0
Jahres-Summe	159	100	59	35	301	219	82	36	258	4

Häufigkeit der Sonnenflecken im Jahre 1864.

Monat	Anzahl der Fleckengruppen				Flächen-Einheiten				Zahl der Beobachtungs-Tage	Zahl der fleckenfreien Tage
	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden		
Januar	16	10	6	2	38	31	7	3	25	0
Februar	9	8	1	2	25	22	3	2	16	0
März	20	13	7	3	36	27	9	3	21	0
April	10	10	0	5	14	14	0	5	22	1
Mai	16	11	5	4	30	24	6	4	25	0
Juni	10	9	1	1	15	14	1	1	19	0

Jährliche Resultate für die Häufigkeit der Sonnenflecken.

Jahr	Anzahl der Fleckengruppen				Flächen-Einheiten				Zahl der Beobachtungs-Tage	Zahl der fleckenfreien Tage
	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden	Ueberhaupt vorhanden	Eingetreten	Entstanden	Verschwunden		
1859	188	176	12	9	427	413	14	12	240	0
1860	221	197	24	15	473	444	29	19	208	0
1861	209	181	28	21	446	414	32	27	253	1 (?)
1862	193	131	62	40	386	310	76	44	249	3
1863	159	100	59	35	301	219	82	36	258	4

In den vorstehenden Tabellen sind die beiden Abtheilungen, welche die Anzahl der Fleckengruppen und die aus deren Grösse resultirende Zahl der Flächeneinheiten geben, in vier Columnen eingetheilt. Die erste derselben enthält alle Fleckengruppen, welche auf der Sonnenscheibe überhaupt wahrgenommen wurden; dabei ist jede Gruppe während einer Rotationsdauer der Sonne blos einmal gerechnet. Die zweite Columne mit der Aufschrift: „Eingetreten" enthält blos diejenigen Gruppen, welche am östlichen Rande der Sonnenscheibe erschienen, in dieselbe eingetreten sind; die beiden anderen Columnen: „Entstanden" und „Verschwunden" enthalten diejenigen Gruppen, welche vor unseren Augen, auf der uns zugewendeten Seite der Sonne (also im Innern der sichtbaren Sonnenscheibe) entstanden und vergangen sind.

Soll man hinsichtlich dieses Entstehens und Verschwindens entscheiden, so können hier in einzelnen Fällen mancherlei Schwierigkeiten in den Weg treten. Man wird nämlich hie und da eine Gruppe als entstanden angeben, wo nur eine Erweiterung einer nahen Gruppe statthat, z. B. in der Art, dass die den Flecken erzeugende Bewegung unter der Photosphäre sich forterstreckt und an einer Stelle dieser Oberfläche wieder bemerkbar wird, welche ziemlich weit vom ersteren Orte entfernt ist. Ebenso wird man manchmal eine Gruppe als verschwunden angeben, obwohl hier blos eine der eben beschriebenen Vergrösserung analoge Verkleinerung einer Gruppe statthat. Man kann jedoch hier voraussetzen, dass man ebenso häufig den entgegengesetzten Fehler begehen und so, wenn es sich um grössere Zeitabschnitte handelt, jedenfalls ein ganz genähertes Verhältniss der entstandenen und verschwundenen Fleckengruppen — sowohl der Anzahl als den Flächeneinheiten nach — zu den eingetretenen oder überhaupt vorhandenen Gruppen erhalten wird.

Es ist auch bei der Frage hinsichtlich des Entstehens und Verschwindens der Flecken ein Umstand zu berücksichtigen, welcher die ganz kleinen Flecken betrifft, die in der Nähe des Randes der Sonnenscheibe entstehen und verschwinden. Ganz

schmale und kleine Flecken werden nämlich nicht wie die grösseren Flecken beim Eintritte in die Sonnenscheibe schon ganz am Rande sichtbar sein, sondern erst etwas weiter im Innern zu entstehen scheinen und zwar um so weiter vom Rande weg, als die perspectivische Verkürzung sie unserem Anblicke länger entzieht, d. h. je kleiner sie sind. Ebenso können diese sehr kleinen Flecken uns schon, bevor sie zum Rande gelangt sind, unsichtbar werden, ohne dass sie wirklich zu existiren aufhören (an der Oberfläche der Photosphäre verschwinden). Den besten Beweis für die Richtigkeit dieser Sätze gibt die aufmerksame Verfolgung der grösseren, aus vielen Flecken von verschiedenen Grössen bestehenden Gruppen. Beim Eintritte am Ostrande der Sonnenscheibe erscheinen stets zuerst die grösseren Flecken als schmale Streifen, diese dehnen sich dann allmählig der Breite nach aus und unter Umständen erst weit vom Rande weg treten die kleineren Flecken gleichsam als eine die grösseren verbindende Kette hervor; umgekehrt verschwinden, wenn das Ganze in die Nähe des Westrandes der Sonnenscheibe kommt, vorerst die kleinen Flecken vollständig, während sich die grösseren als schmale Streifen bis zum Sonnenrande verfolgen lassen. Wenn man einzelne ganz kleine Flecken bis an den Rand verfolgen kann, so ist dies durchaus kein Argument gegen die Richtigkeit der oben ausgesprochenen Behauptung; denn es muss diese Erscheinung dann, wenn der Flecken beim Eintritte in die Sonnenscheibe am Rande gesehen wurde, durch eine Abnahme, beim Austritte dagegen durch eine Zunahme seiner Dimensionen erklärt werden: — eine Erklärung, welche jedenfalls naturgemässer und richtiger ist, als die Ableugnung des Unsichtbarwerdens durch die bei jedem grösseren Flecken evident wahrnehmbare perspectivische Verkürzung.

Da wir selbst bei der günstigsten Beschaffenheit der Luft mit einem Fernrohre die Flecken, wie bereits bemerkt, blos dann sehen, wenn sie eine der optischen Kraft des Instrumentes entsprechende Grösse erreicht haben, so kann ein Flecken als entstanden oder verschwunden angegeben werden, ohne

dass das eine oder das andere wirklich stattfindet. Es erstrecken sich demnach auch hier alle Angaben blos bis zu einer bestimmten, von der optischen Kraft des bei den Beobachtungen verwendeten Fernrohres abhängigen Grösse der Flecken.

Betrachtet man die letzte der obigen Tabellen, welche die jährlichen Resultate für die Häufigkeit der Sonnenflecken gibt, so sieht man sogleich, dass das Maximum der Häufigkeit auf das Jahr 1860 fällt. Ferner zeigt sich, dass in den Jahren 1859, 1860 und 1861 ausnehmend wenige Flecken auf der uns zugewendeten Seite der Sonne entstanden und verschwunden sind. Um dieses einseitige Entstehen und Verschwinden der Flecken, auf welches ich bereits im Jahre 1859 aufmerksam machte, noch deutlicher hervortreten zu lassen, stelle ich im Folgenden die Verhältnisszahlen für die auf der uns zugewendeten Sonnenseite entstandenen und verschwundenen Flecken zu den eingetretenen und überhaupt beobachteten sowohl der Anzahl als den Flächeneinheiten nach zusammen.

Jahr	Entstanden Ueberhaupt vorhanden	Verschwunden Ueberhaupt vorhanden	Entstanden Eingetreten	Verschwunden Eingetreten
		a) Der Anzahl nach.		
1859	0,063	0,048	0,068	0,051
1860	0,109	0,068	0,122	0,076
1861	0,134	0,100	0,155	0,116
1862	0,321	0,207	0,473	0,305
1863	0,371	0,220	0,590	0,350
		b) Den Flächeneinheiten nach.		
1859	0,033	0,028	0,034	0,029
1860	0,061	0,040	0,065	0,043
1861	0,072	0,060	0,077	0,065
1862	0,197	0,114	0,245	0,142
1863	0,272	0,120	0,374	0,164

Einer brieflichen Mittheilung des Herrn Hofrath Schwabe verdanke ich die Nachricht, dass auch in früheren Jahren das

seltenere Entstehen und Verschwinden der Flecken auf der uns zugewendeten Seite der Sonne statthatte, und diese Erscheinung namentlich in den Jahren 1828 und 1848 auffallend hervortrat. Herr Schwabe bemerkt dazu, dass dieses einseitige Auftreten der Flecken um die Sonne herumzugehen scheine, ohne dass er jedoch eine Periode dieser Bewegung bestimmen konnte. Hält man aber die in obiger Zusammenstellung gegebenen Verhältnisszahlen mit der Angabe der Jahre 1828 und 1848, in welchen das Maximum in der zehnjährigen Periode stattfand, zusammen, so lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass ein Zusammenhang des einseitigen Auftretens der Flecken mit der zehnjährigen Periode in der Art vorhanden ist, dass zugleich mit dem Maximum in der Häufigkeit der Flecken ein Minimum des Entstehens und Verschwindens der Flecken auf der uns zugewendeten Seite der Sonne eintreten würde. Eine definitive Entscheidung darüber kann freilich erst durch fortgesetzte Beobachtung erlangt werden.

Man könnte von Anfang an auch geneigt sein anzunehmen, dass an allen Theilen des Umfanges der Fleckenzonen der Sonne nahe gleichviele Flecken 4. bis 5. Grösse entstünden, ein grosser Theil derselben allmählig an Ausdehnung bis zur 1. und 2. Grösse zunehmen und erst nach mehreren Rotationen wieder verschwinden würde.

Gegen diese Ansicht lässt sich jedoch Folgendes zur Geltung bringen. Vor Allem ist bei den bedeutenden Formveränderungen der Flecken blos der Ort derselben für die Entscheidung einer Wiederkehr massgebend, ja es kann auch der Natur der Sache nach ein Flecken wiederkehren, ohne dass sein Ort genau mit dem bei der vorhergehenden Rotation beobachteten übereinstimmt. Ich habe nun für die Jahre 1859, 1860, 1861 alle diejenigen Flecken als wiedergekehrt angenommen, bei welchen der Ort nach 27 Tagen annähernd mit dem vorhergehenden übereinstimmte und erhielt so die folgende Tabelle:

Jahr	Ueberhaupt beobachtet	Wiedergekehrt		
		1 mal	2 mal	3 mal
1859	188	20	5	2
1860	221	21	7	2
1861	209	26	7	0

Die Anzahl der selbstständigen Flecken würde sich also für diese Jahre ergeben:

1859 . . . 188—36 = 152 Gruppen
1860 . . . 221—41 = 180 „
1861 . . . 209—40 = 169 „

Da nun auf der uns zugewendeten Seite der Sonne

im Jahre 1859 . . . 12 Gruppen
„ „ 1860 . . . 24 „
„ „ 1861 . . . 28 „

entstanden und

im Jahre 1859 . . . 9 Gruppen
„ „ 1860 . . . 15 „
„ „ 1861 . . . 21 „

verschwunden sind, so ergibt sich, dass auf der uns abgewendeten Sonnenseite

im Jahre 1859 . . . 140 Gruppen
„ „ 1860 . . . 156 „
„ „ 1861 . . . 141 „

entstanden und

im Jahre 1859 . . . 143 Gruppen
„ „ 1860 . . . 165 „
„ „ 1861 . . . 148 „

verschwunden sind.

Da hiebei die Anzahl der wiedergekehrten Flecken in keinem Falle zu klein genommen ist, so folgt, dass das einseitige Auftreten der Flecken nicht durch die Annahme erklärt werden kann, dass an allen Theilen des Sonnenumfanges gleich viele Flecken entstünden und nur deshalb, weil dieselben von

sehr langer Dauer wären — mehrere Rotationen hindurch existirten —, vor unseren Augen eine so geringe Anzahl von Flecken entstehen und verschwinden würde.

Die Tabelle für die jährliche Häufigkeit der Sonnenflecken zeigt in Uebereinstimmung mit den aus Schwabe's Beobachtungen folgenden und in der Beilage gegebenen Zahlen, dass mit der Abnahme der Häufigkeit der Flecken eine Zunahme der fleckenfreien Tage stattfindet. Im Jahre 1861 war die Sonne nur an einem einzigen Tage frei von Flecken, und zwar am 12. Mai, welcher Tag in den obigen Tabellen mit einem Fragezeichen versehen ist. Es ist nämlich dabei zu bemerken, dass am 11. Mai ein Flecken sichtbar war und am 13. Mai an der correspondirenden Stelle wieder ein Flecken beobachtet wurde, welcher am 14. an Grösse zugenommen hatte. Die Beschaffenheit der Luft war am 12. Mai allerdings für die Beobachtung nicht günstig, allein auch abgesehen hievon lässt sich die Erscheinung vollständig erklären, wenn man annimmt, dass die obere (uns zugekehrte) Schicht der Photosphäre sich für einige Zeit — am 12. Mai — an der Oberfläche zusammengezogen hatte, durch die im Innern fortdauernde Bewegung aber wieder am 13. Mai getrennt wurde.

Im Jahre 1862 war die Sonne an drei Tagen, nämlich am 2., 3. und 4. Dezember frei von Flecken, an welchen Tagen auch Schwabe keine Flecken wahrgenommen hat.

Für das Jahr 1863 geben meine Beobachtungen vier fleckenfreie Tage, den 25. und 26. Juli, den 28. August und den 20. September. Damit stimmen die Angaben Schwabe's in Nr. 1475 der Astronomischen Nachrichten nicht ganz überein; daselbst ist für den Juli, obwohl an den 31 Tagen dieses Monats beobachtet wurde, kein fleckenfreier Tag angegeben. Nach meinen Beobachtungen war den 25. und 26. Juli kein Flecken sichtbar, am 27. dagegen eine Fleckengruppe eingetreten und eine andere 5. Grösse entstanden; nimmt man an, dass die letztere Gruppe schon an den beiden vorhergehenden Tagen vorhanden war, aber zu klein, um mit dem von mir benützten Fernrohre gesehen zu werden, so lassen

sich die beiden Angaben vereinigen. Im August hat Schwabe gleichfalls an allen Tagen dieses Monats beobachtet und keinen fleckenfreien Tag notirt; ich muss demnach annehmen, dass derselbe am 28. entweder die Gruppe noch beobachtet hat, welche sich am 27. ganz am Westrande der Sonnenscheibe befand, oder diejenige bereits sah, welche ich am 29. als eingetreten aufgezeichnet habe. Dagegen gibt Schwabe den 5. und 6. September als fleckenfreie Tage an; ich habe blos am ersteren Tage beobachtet und sah noch ganz deutlich den kleinen Flecken, welcher am 4. entstanden und am 7. verschwunden war und also schon am 6. verschwunden zu sein scheint, so dass an diesem Tage, da der genannte Flecken der einzige war, die Sonne höchst wahrscheinlich fleckenfrei gewesen ist. Der 20. September war nach Schwabe nicht fleckenfrei; ich beobachtete an diesem Tage um 8 Uhr 45 M. Morgens am Ostrande blos einige Fackeln — der am 19. noch vorhandene kleine Flecken war für mein Fernrohr verschwunden.

In den beiden letzten Jahren kommen unter den auf der uns zugewendeten Sonnenseite entstandenen Flecken mehrere vor, welche schon ein paar Tage nach dem Entstehen wieder verschwunden sind. Merkwürdiger Weise fand ich diese Eigenthümlichkeit nicht bei den in den Jahren 1859—1861 entstandenen Flecken. Ich stelle nun im Folgenden die Flecken von kurzer — höchstens dreitägiger — Dauer zusammen und habe nur dabei zu bemerken, dass sie sämmtlich Flecken der 5. Grösse sind.

Flecken von kurzer Dauer.

Tag des Entstehens:		Tag des Verschwindens:	
1862.	27. Januar.	1862.	29. Januar.
	7. April.		8. April.
	27. April.		30. April.
	20. Mai.		21. Mai.
	23. Mai.		24. Mai.
	16. Juni.		18. Juni.

Tag des Entstehens:		Tag des Verschwindens:	
1862.	5. Juli.	1862.	6. Juli.
	25. Juli.		26. Juli.
	27. Juli.		29. Juli.
	4. August.		5. August.
	1. September.		3. September.
1863.	21. Januar.	1863.	24. Januar.
	14. Februar.		16. Februar.
	28. Mai.		30. Mai.
	30. Mai.		1. Juni.
	8. Juni.		11. Juni.
	27. Juni.		29. Juni.
	2. Juli.		4. Juli.
	27. Juli.		29. Juli.
	4. September.		7. September.
	23. September.		25. September.
	5. Oktober.		6. Oktober,
1864.	4. Februar.	1864.	5. Februar.
	15. Februar.		17. Februar.
	16. Mai.		17. Mai.

Der Werth aller im Vorstehenden gegebenen Zahlen wird bedeutend vermindert durch den Umstand, dass nicht an allen Tagen des Jahres beobachtet werden konnte. Es liesse sich grössere Vollständigkeit erreichen, wenn die einzelnen Beobachter ihre Beobachtungen sich gegenseitig mittheilen würden; dadurch wäre dann zugleich auch das Hilfsmittel an die Hand gegeben, die Abhängigkeit vom Fernrohre gleichsam auf ein bestimmtes Instrument zurückzuführen.

Dass die Anwendung der Photographie für die Erweiterung unserer Kenntniss der Sonne von grösstem Nutzen werden kann, unterliegt keinem Zweifel; die practische Ausführung ist, wenn die hiezu nöthigen Einrichtungen vorhanden sind, nicht mit sehr grossen Schwierigkeiten verbunden, wie ich durch mehrere, übrigens nur rohe Versuche mich selbst zu überzeugen Gelegenheit hatte. Auch das Heliometer möchte

sich für relative Messungen des Flächeninhaltes der Fleckengruppen als sehr geeignet erweisen.

Ich habe mich vielfach bemüht, den einzelnen Fleckengruppen characteristische Merkmale abzugewinnen, wodurch eine Eintheilung derselben in Classen mit bestimmten Eigenthümlichkeiten ermöglicht würde; allein ich könnte nach meinen bisherigen Erfahrungen höchstens eine Eintheilung geben, welche kaum so viel Bedeutung hätte, als die Howard'schen Wolkenformen für die Meteorologie.

Beilage.

Jährliche Resultate von Schwabe's Beobachtungen für die Häufigkeit der Sonnenflecken.

Jahr	Anzahl der beobachteten Fleckengruppen	Anzahl der Beobachtungstage	Anzahl der fleckenfreien Tage
1826	118	277	22
1827	161	273	2
1828	225	282	0
1829	199	244	0
1830	190	217	1
1831	149	239	3
1832	84	270	49
1833	33	267	139
1834	51	273	120
1835	173	244	18
1836	272	200	0
1837	333	168	0
1838	282	202	0
1839	162	205	0
1840	152	263	3
1841	102	283	15
1842	68	307	64
1843	34	312	149
1844	52	321	111
1845	114	332	29
1846	157	314	1
1847	257	276	0
1848	330	278	0
1849	238	285	0
1850	186	308	2
1851	151	308	0

Jahr	Anzahl der beobachteten Fleckengruppen	Anzahl der Beobachtungstage	Anzahl der fleckenfreien Tage
1852	125	337	2
1853	91	299	4
1854	67	334	65
1855	79	313	146
1856	34	321	193
1857	98	324	52
1858	202	335	0
1859	205	343	0
1860	210	332	0
1861	204	322	0
1862	160	317	3
1863	124	330	2

Hieraus ergeben sich für die Anzahl der Fleckengruppen als Mittelwerthe:

aus allen Jahren . . . . 155 Gruppen
aus den Jahren 1828-1837 . . 171 „
„ „ „ 1838-1848 . . 155 „
„ „ „ 1849-1860 . . 141 „

und damit die folgenden Abweichungen der einzelnen Jahre vom allgemeinen Mittel und vom Mittel der Periode.

Jahr	Abweichung vom allgemeinen Mittel	Abweichung vom Mittel der Periode
1826	— 37	
1827	+ 6	
1828	+ 70	+ 54
1829	+ 44	+ 28
1830	+ 35	+ 19
1831	— 6	— 22
1832	— 71	— 87
1833	— 122	— 138
1834	— 104	— 120
1835	+ 18	+ 2
1836	+ 117	+ 101
1837	+ 178	+ 182
1838	+ 127	+ 127
1839	+ 7	+ 7
1840	— 3	— 3

Jahr	Abweichung vom allgemeinen Mittel	Abweichung vom Mittel der Periode
1841	— 53	— 53
1842	— 87	— 87
1843	— 121	— 121
1844	— 103	— 103
1845	— 41	— 41
1846	+ 2	+ 2
1847	+ 102	+ 102
1848	+ 175	+ 175
1849	+ 83	+ 97
1850	+ 31	+ 45
1851	— 4	+ 10
1852	— 30	— 16
1853	— 64	— 50
1854	— 88	— 74
1855	— 76	— 62
1856	— 121	— 107
1857	— 57	— 41
1858	+ 47	+ 61
1859	+ 50	+ 64
1860	+ 55	+ 69
1861	+ 49	
1862	+ 5	
1863	— 31	

Die Dauer und Form der Periode kann, wie mir scheint, hieraus noch nicht mit Genauigkeit hergeleitet werden; der Grund davon liegt theils darin, dass nicht an allen Tagen des Jahres beobachtet wurde; besonders aber in dem Umstande, dass man es hier mit Grössen zu thun hat, welche zur Zeit noch keiner exacten Messung fähig sind.

Druck von Ph. J. Pfeiffer in Augsburg.

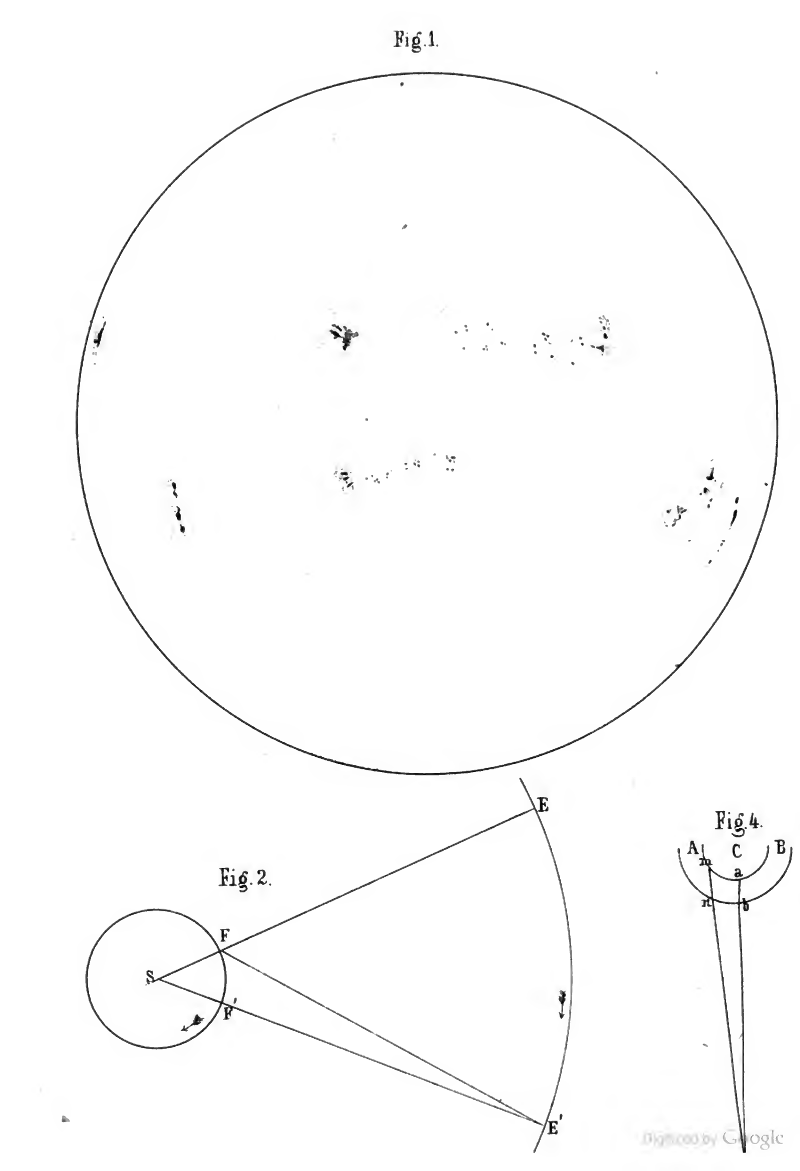

Fig. 1.
Fig. 2.
E
F
S
F'
E'
Fig. 4.
A
C
B
m
a
n
b

Fig. 6.

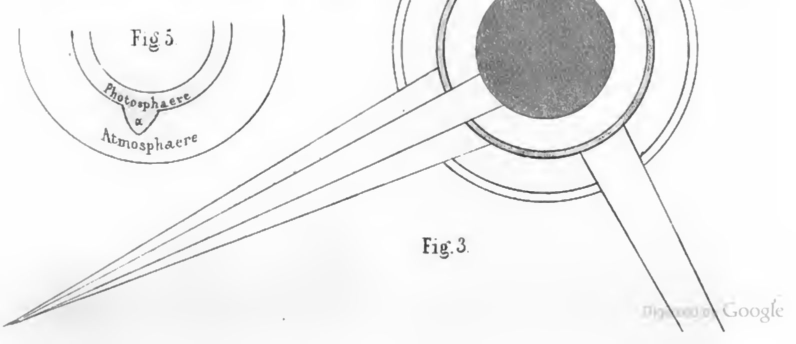


Fig 5.

Fig. 3.



